

# 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〕 遠藤晶子（Ultimatrust株）

## 研究成果の概要

Radio Frequency Identification (RFID)はバッテリーなどの電源を利用しない無線タグ技術であり、RF タグ用のリーダー・ライターから電波を通して電力を供給することにより稼働する。RF タグは実質使い捨てとして利用されることが多いことから、RF タグの価格と普及には大きな相関があり、近年では、RF タグの価格下落に伴い、幅広い産業で利用が進められている。また、以前の RF タグは感度が悪いこともあり、RF タグの認識が主な目的であったが、RF タグの読み取り精度が向上したことにより、RF タグの移動検知技術が期待されている。多くの移動検知技術では、センサーを活用するもの、複数のアンテナを利用するものが多いが、本研究ではアンテナの設置角度を設けることにより、Received Signal Strength Indicator (RSSI)の変化特徴を意識的に作り出す手法をベースに提案する。既存課題として、アンテナの設置角度を設けるだけでは、RSSI の周囲環境による変動の影響を無視することはできず、環境に応じたパラメータ設定の必要性が課題であった。

本稿では、周囲環境の影響を低減可能な移動検知技術として、RSSIに加えて位相値を活用する方式を提案する。提案方式では、アンテナの設置角度に応じて、RSSI と位相値のピーク到達タイミングが異なることに着目することにより、RF タグ移動時の RSSI と位相の変化の仕方が異なる点を活用する。この変化特徴に注目することにより、RF タグがリーダー・ライターの前を、どちらの方向に移動したのかを推定可能であることを明らかにする。提案技術の有効性を評価するため、商用的に利用されている Ultra High Frequency (UHF)帯の RF タグを用いた実証実験を実施した。実証実験では、汎用的なリーダー・ライターが出力する RSSI と位相値を事前処理した上で、RSSI と位相値の変化特徴の違いを検出可能であることを明らかにし、RF タグの移動方向を高精度に推定可能であることを明らかにした。

**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、移動方向推定、RSSI、位相値

### 1. 研究開始当初の背景

RF タグの価格下落に伴い、アパレル、運輸などをはじめとしてさまざまな分野での RF タグの利用拡大が進んでいる。また、カメラモジュールの低価格化に伴い、映像を取得するコストも大幅に削減されており、映像と RF タグ情報の融合に対する需要が増えつつある。

本研究では、映像解析の多数の知見を持つ Ultimatrust 社と RFID 技術に関する知見を持つ愛知工業大学のコラボレーションを通して、映像と RF タグ情報を複合的に処理可能な基盤システムの構築を目指して基盤技術の開発に取り組んでいる。特に RF タ

グに関する技術の多くは、RF タグ自身の認識に関するものが多く、RF タグの状態などを認識する手法は十分には検討が行われていない。一方、RF タグが店舗などに導入されることにより、店舗に陳列されている RF タグなのか、店舗から持ち出そうとしている RF タグなのかを識別するなどの需要が増えており、新たな手法の提案が望まれている。

本研究課題では、最終的には映像情報との紐付けを想定した RF タグの状態推定手法について、特別なデバイスを利用するのではなく、汎用的な RF タグ用のリーダー・ライターを用いた方式について検討を進め、新たな手法の提案を試みている。

## 2. 研究の目的

本稿の目的は、商用的にも利用されている汎用的な RF タグ用のリーダ・ライターから取得可能な情報のみを活用して RF タグの状態推定を行うことである。特に、防犯ゲートや在庫管理などでは移動方向の認識が望まれることから、アンテナの前を通過する RF タグの移動方向に注目して議論を進める。

RF タグの移動方向推定に関する研究は既に提案 [1,2]があり、センサーと RFID 技術を複合的に利用するものと、高機能アンテナを活用するものに大別される。センサーを利用する場合、複数の RF タグを認識できない課題があり、高機能アンテナを用いる場合には、設置スペースが必要な場合や、アンテナ自身が非常に高価になるなどの課題が指摘されている。本稿では、汎用的な安価なアンテナを 1 枚利用することを想定した技術 [3]をベースに、移動方向認識技術の開発を試みる。

## 3. 研究の方法

### (1) システムモデル

図 1 に提案する RF タグの移動方向推定方式のシステムモデルを示す。提案システムでは、一般的に利用される指向性アンテナの設置向きを、アンテナ全面に向けるのではなく、若干斜めに傾けて設置を行う。本設置により、通信環境がアンテナの左右で非対称となるため、RF タグの移動推定の特徴量を得ることが可能となる。

### (2) RF タグの移動方向推定手法

提案推定手法では、下記の手順を通して RF タグの移動推定を行う。

#### ① リーダ・ライターからの情報取得

リーダ・ライターにコマンドを送信することにより、通信エリア内に存在する RF タグの情報として、RF タグ識別情報、Received Signal Strength Indicator (RSSI)、位相値を取得する。

#### ② 取得情報の事前処理

利用デバイスの仕様上、RSSI は 0.5dB 単位の出力しか行われなく、位相値は 0 から  $2\pi$  の値しか出力されないため、ピーク検出を行う前の事前処理として、RSSI は図 2 に示すように、多次

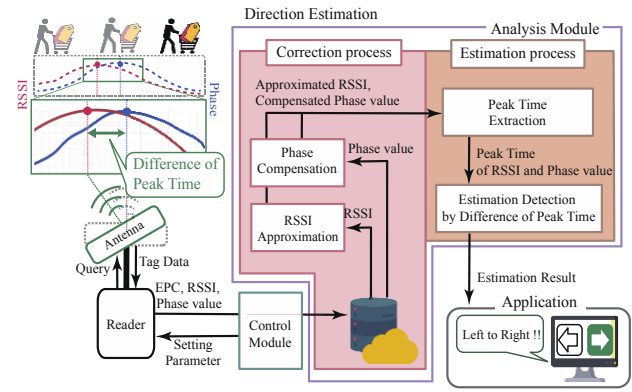


図 1 RF タグ移動方向推定手法のシステムモデル

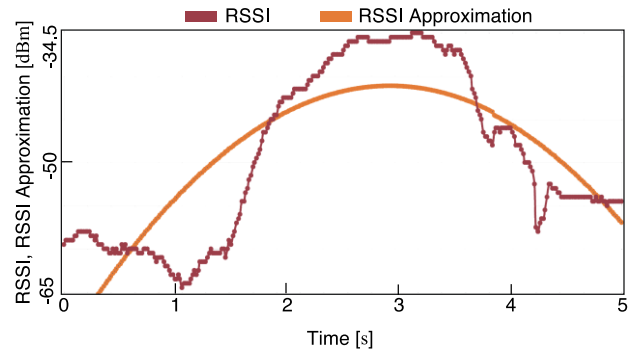


図 2 RSSI 変化値の近似曲線推定

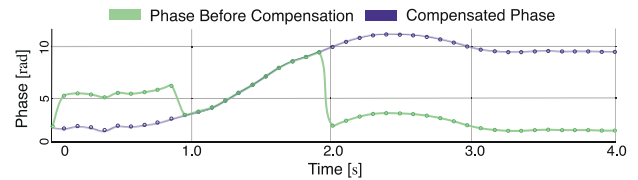


図 3 位相値の補正

方程式を想定した近似曲線の導出を行う。なお、実証実験では二次関数への近似推定を行った。また、位相値は図 3 に示すように、 $2\pi$  を超える位相回転が連続的な変化となるように、変化量に応じて補正値を加算することによる補正処理を行う。

#### ③ ピークタイミングの検出

補正後の RSSI と位相値がピークとなる時刻を算出することにより、ピークタイミングの検出を行う。

#### ④ ピークタイミングの差分による移動方向推定

RSSI と位相値のピークタイミングの前後関係を確認することにより、移動方向の推定を行う。

#### 4. 研究成果

実証実験として、RFID リーダーには Impinj 社製 Speedway Revolution R420、リーダーアンテナには指向性アンテナである Yeon 社製 YAP-101CP を用い、リーダーの制御モジュールには、Impinj Octane SDK を使用した。また、Django 3.2.5 を用いて解析モジュールおよび結果出力 Web アプリケーションを実装し、データベースには SQLite 3.32.3 を用いた。

プロトタイプを利用して、アンテナの設置角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  $10^\circ$ 、 $20^\circ$ 、 $30^\circ$  と変化させる。RF タグとアンテナ間の最短距離を 0.9m とし、アンテナの中心と同一の高さを通過するように 0.5 m/s の速度で RF タグを移動させた。また、提案システムの環境からの影響を確認する為、周囲環境が異なる 2 箇所での測定を行う。まず、提案システムの基本性能を確認するため、周囲にモノが少ない環境(Place A)において、各条件で RF タグを 500 回ずつ通過させた。さらに、提案システムの環境依存性を検証するため、周囲にモノが多い環境(Place B)において、各条件で RF タグを 100 回ずつ通過させた。測定実験では、RF リーダーを PC に接続することにより、PC 上の制御モジュールを介してリーダーを制御した。リーダーが取得したタグデータは CSV 形式で出力され、解析モジュールに読み込ませることにより解析を行なった。そして、解析モジュールの解析結果を Web アプリケーションに出力することにより、正確に移動方向検知が行われているかを確認した。

表 1 に各検証環境における RF タグの移動方向推定精度を示す。結果より、両環境においても、方向推定精度には大きな差は見受けられず、外乱の影響は小さいことが確認された。これらは周囲環境に影響されやすい RSSI だけではなく、アンテナと RF タグ間の距離に依存する位相値も活用しているためと考えられる。そして、両環境においてアンテナ角度を大きくすることにより、推定精度も向上することが確認された。これは、アンテナ角度の増加に伴い左右の通信環境が大きく異なるために、方向推定に利用する特徴がより強く出たためと考えられる。

表 1 移動方向推定精度

Place	Place : A		Place : B	
	Left to Right	Right to Left	Left to Right	Right to Left
Direction Angle				
$10^\circ$	89%	86%	97%	98%
$20^\circ$	100%	91%	100%	96%
$30^\circ$	100%	100%	100%	100%

#### 5. 本研究に関する発表

- (1) Yukina Miwa, Kota Mizuno, Katsuhiko Naito, Masaki Ehara,: Initial Evaluation of Direction Estimation Method for RF Tags Focusing on RSSI and Phase Value, The 16<sup>th</sup> IEEE International Conference on RFID (IEEE RFID 2022), May 2022.
- (2) 三輪悠季奈, 水野虹太, 内藤克浩, 江原正規: RSSI と位相値に着目する RF タグ移動推定技術, 情報処理学会 モバイルコンピューティングと新社会システム研究会(MBL), 2022-MBL-103(5), pp. 1-7, 2022 年 5 月.

#### 参考文献

- [1] Y. Oikawa : Tag movement direction estimation methods in an RFID gate system, 2009 6th International Symposium on Wireless Communication Systems, pp. 41–45 (online), DOI: 10.1109/ISWCS.2009.5285228 (2009).
- [2]Y. Zhang, , X. Gong, , K. Liu and S. Zhang : Localization and Tracking of an Indoor Autonomous Vehicle Based on the Phase Difference of Passive UHF RFID Signals, Sensors, Vol. 21, No. 9 (online), DOI: 10.3390/s21093286 (2021).
- [3] K. Mizuno, K. Naito and M. Ehara : Direction estimation scheme for RFID tag with an angled single antenna, IEEE International Conference on Radio Frequency Identification (RFID 2021), Vol. 1, No. 1, pp. 1–2 (2021).