

Wo-LF eyes: UHF 帯 RFID を用いたリアルタイムタグ追尾 及び ブラウザ上でのリモート監視手法

岩田悠暉†1 岩井 将行†2

概要：近年人手不足により、レジ等の無人化が図られる中、商品の盗難防止や在庫管理などの自動化が求められている。既存のゲート方式による盗難防止システムは誤動作が多く正確な商品の位置などは判定できておらず、顧客や従業員に不便を強いていた。我々は、本システムにおいて、4つのUHF帯RFIDアンテナ群を用いてタグを付加したオブジェクトの位置情報を伝播強度から正確に追尾し、リアルタイムにUnityの可視化ソフトウェアにて表示すること、並びにWEBUIによる表示に成功した。本稿では、その手法の詳細を記載し、実用性の議論を行う。

1. はじめに

コロナ禍の影響により、世界全体で感染対策と人件費削減のため、実店舗における従業員の大幅な削減が進められた。日本においても例外ではなく、無人レジやキャッシュレス決済などの店舗のDXが大幅に進んだ。しかし、以前として大型店舗、小型店舗を問わず万引きは大きな問題となっており、従業員が削減されたことが、対策をより困難なものにしている。この研究では、すでに多数の店舗で導入されている商品に付けられるRFIDタグを用いて大まかな位置追跡を行えないか検証した。さらに、検出したタグ情報の効率のよく、利便性の高いデータの配信方法についても検討した。また、得られた位置情報を用いてどのような利用方法があるかを考察する。

1.1 関連研究

野村ら[1]の研究では、室内に複数の電波送受信器を設置し、それらの通信が阻害され、電波強度が変化したことを感知して位置を推定する方式をとっている。この方式はオブジェクトのトラッキングを行うことができないが、デバイスを用いずに人間の位置情報を追跡する非常に有用な手段であると言える

また、RFIDとよく引き合いに出される技術としてNFCがある。NFCはRFIDと同様に非接触によるデータのやり取りを可能にする技術である、NFCはそのデータの柔軟な読み書きが可能のため、非接触決済やデジタル身分証などに用いられている。

2. UHF 帯 RFID

UHF帯のRFIDはHF帯のRFIDに比べ、通信距離が長く、かつ複数のタグを同時に読み取ることができる。現在、

HF帯のICタグは商品のピッキングや医療現場などで用いられており、より確実なリードが保証される。一方、今回使用したUHF帯のICタグは複数を同時に読み取れることから倉庫や物流といった現場で使用される。

現在、RFIDは万引き防止ゲートや自動会計システムなどに利用されている。RFIDの利点は、タグが安価であること、並びにNFCに比べて通信距離が長いことなどが挙げられるが、最大の特徴は複数のタグを同時に読み取ることが可能である点である。これはNFCに対する大きな違いであり、商品管理システムの構築においては大きなアドバンテージとなっている。

3. Wo-LF eyes のシステム構成

Wo-LF (Wireless-IoT-Based-Location-Field) eyes システムについて解説する。

RFIDアンテナを対角線上に2対、合計4つのアンテナを配置した、(図1)対角線の長さは3mだが、最大で7mまで伸ばすことが可能である。



図1. RFID アンテナの配置

RFIDタグを読み取り、解析するためのRFIDリーダーをPCとシリアル通信で接続している。

このRFIDリーダーは最大で4つまでのRFIDアンテナを接続して信号の受信を行う事ができる、(図2)受信可能な帯域はUHF帯(920MHz)で、最大で10mのリードが可能である、

†1 東京電機大学

†2 東京電機大学



図2 RFIDリーダー

様々なクライアント、要件に対応するため、シリアル通信で受信したデータを効率よくUDPパケットで配信するソフトウェアを実装した。
以下の図は動作中の様子である。(図3)

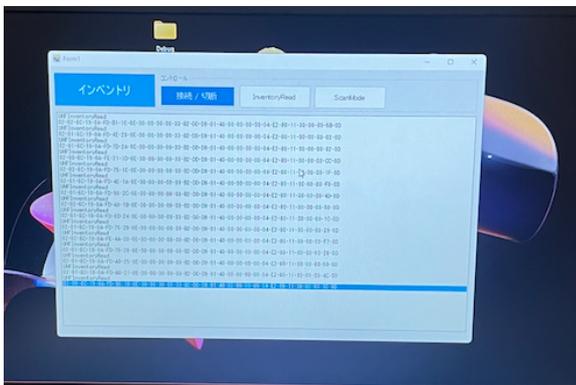


図3 信号をUDPパケットで配信するためのソフト
初期の実装では、クライアントがUnityのみを想定していたため、図のように一直線のフローになっていた。(図4)

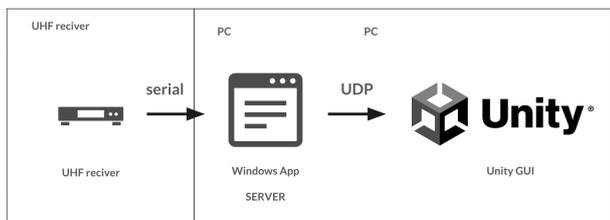


図4 初期の実装 構成図

しかし、開発が進むにつれてUnityだけでなく、APIサーバーや他のWEBクライアントとも接続する必要が出てきたため、研究室に展開されているNode-REDサーバーを経由して配信することにより、あらゆるクライアントに対応できるようにした。(図5)
Node-RED 自体にはデータの分析する機能を実装せず、それぞれのクライアントがデータを解析する方式をとった。

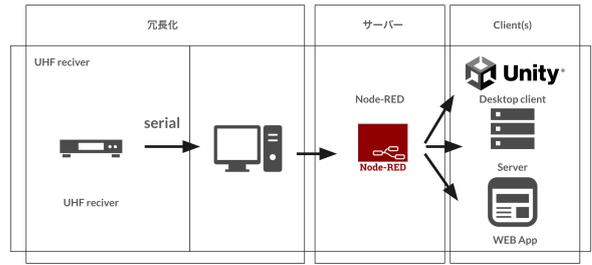


図5 現在の実装 構成図

次に、タグ情報を解析して表示するソフトウェアについて説明する。

一つ目がUnityエンジンを用いて開発したクライアントである、画面下部にグラフが実装されており、4つのアンテナの受信強度を時間経過で見ることができる。(図6)
画面左上の大きなウィンドウが位置を可視化している部分であり、4隅にある緑色の四角形はアンテナの位置を示している。画面の中に浮いている赤い点が観測したオブジェクトの位置を示している。

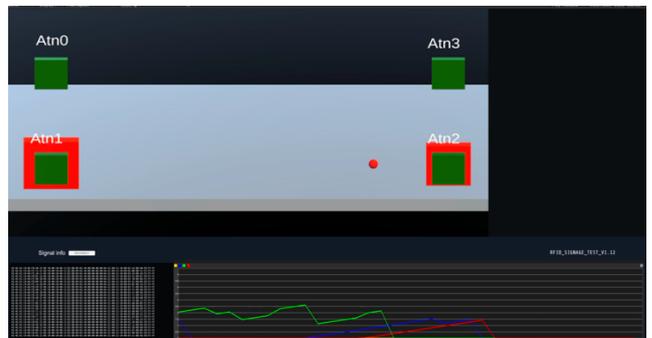


図6 Unityエンジン使用したクライアント

二つ目は、Vueを用いて開発したクライアントである、このアプリでは各アンテナのステータスの他、オブジェクトの位置のヒートマップを表示することが出来る。
Node-REDとはWebSocketによる接続を行っており、RFID信号を低遅延で受信することができる。
ヒートマップはCanvasの描画機能をラップしたp5.jsを用いて実装した、これにより、比較的 low スペックパソコンにおいても問題なくヒートマップが表示される。(図7)



図7 Vueで実装されたWEBクライアント

実験

100mm x 100mm x 50mm (縦 x 横 x 高さ) の段ボールケー

スの中に IC タグを配置し、その箱を 3m x 3m のエリアのを 3x3 の計 9 ポイントに配置し、それぞれ WEB クライアントに表示されている位置との相違について 5 回ずつ調べた。(図 8)

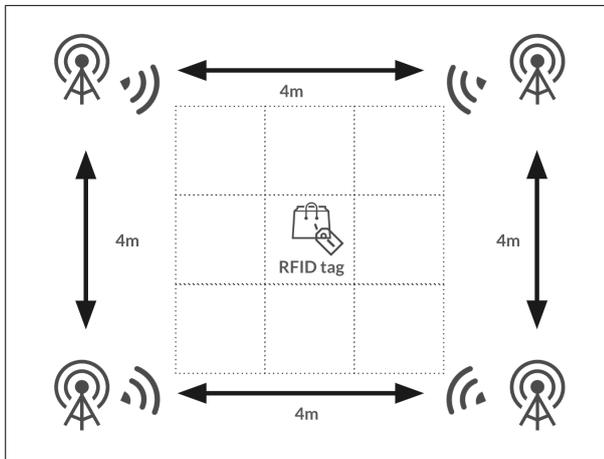


図 8 実験時のアンテナの配置

評価方法は、WEB のヒートマップを 3x3 グリッドにマッピングし、(図 9) グリッド内であれば正しく表示されているものとして判定、外れていた場合は、間違っ表示されたものとして判定した、

表 1 はその結果をまとめたものである。

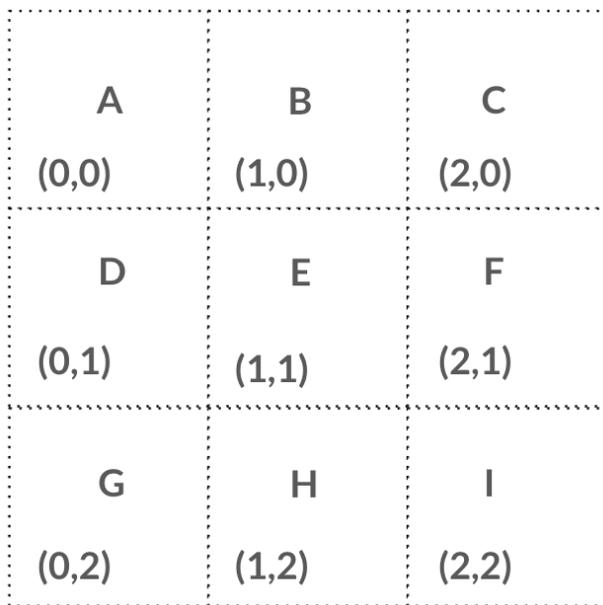


図 9 実験時のエリア分け

表 1 実験結果

ポイント	成功回数	失敗回数	成功率
A	5	0	100%
B	4	1	80%
C	5	0	100%
D	3	2	60%

E	2	3	40%
F	4	1	80%
G	4	1	80%
H	4	1	80%
I	5	0	100%

この結果より、各アンテナに近ければ近いほど高い精度で位置が補足できていることが分かる。一方で中央付近では精度は 40%にとまっている、これは、E 地点にタグを設置した際に他の複数のアンテナがタグの信号の取り合いになっていることが原因として考えられる、

また、今回はヒートマップを用いて計測を行ったが、リアルタイムな計測では微動しており、これはアンテナから発せられて電波が壁に当たって反射していることなど原因として考えられる。

4. 議論とまとめ

まず、本システムの利点を挙げる。RFID タグは他の IC タグにくらべて安価であり、サイズも小さくあらゆるオブジェクトに、大量に導入することができる点である。RFID タグのみでオブジェクトのトラッキングをすることができれば、非常に安価にトラッキングのシステムを構築できる。

一方、この RFID を用いた位置情報を追跡は、大きく二つの問題がある。一つは、この位置追跡のシステムを利用するためには 4 対のアンテナの中に追跡対象のオブジェクトが配置されている必要があり、検出範囲が限られてしまうことである。

二つ目は、電波の反射などによる“ブレ”が発生してしまうことである。商品を人間が持って移動していると、UHF 帯 RFID アンテナから発せられる電波が人体や壁に反射して、期待する値を受信できないことがあり、正確な位置情報を補足できない瞬間があった。

次に、以上の利点、問題点を踏まえて、考えられる実用的な使い方として、次のようなシステムを提案する。

「人物認識と UHF 帯 RFID アンテナを用いたデジタルサイネージによる万引き防止システム」である。

これは、主に通路に設置しておくシステムである。

そこを通った人をカメラで認識し、IC タグを使って商品の位置と照らし合わせる。こうすることにより、誰が何の商品を持っているか把握することができ、それを下に別の商品をサイネージに表示してユーザに提案する。

これにより、店側としてはよりピンポイントな宣伝を行うことができると同時に、ユーザに対して商品の所有状況をこちらが把握していることを通知することになるので、心理的に万引きをさせにくくなる効果が期待できる。

今後は、実際にこのサイネージによって万引き防止の効果があるのかどうかなどを検証していきたい。

謝辞 タカヤ株式会社 岡本龍二社長、同社 事業開発本部
RF 事業部 開発部 佐伯典貢様の機材提供および研究へ
のご協力を深く感謝いたします。

文 献

- [1] 野村 篤史 須ヶ崎 聖人 坪内 孝太 西尾 信彦 下坂
正倫 UWB の測定距離と直接波の減衰度を利用した
デバイスフリー複数人屋内測位 Vol.2022-UBI-74
No.1 2022/6/6 研究報告ユビキタスコンピューティ
ングシステム (UBI)