

パッシブ RFID を用いた宅内生活行動の長期モニタリング手法

阿部信平† 宮崎敏明†

†会津大学大学院コンピュータ理工学研究科

1. はじめに

生活行動を自動で長期的にモニタリングすることは、規則正しい生活を送っているかの確認や、自覚なく生活に大きな乱れが生じている場合には健康状態の異常の可能性をいち早く察知するのに役立つ。既存のモニタリング手法として、カメラ[1]やウェアラブルデバイス[2]を使用したものが存在する。しかし、カメラを使用したシステムでは、重大なプライバシー上の問題があるばかりか、長期的にデータを収集した場合にデータサイズが膨大となり、実現のためにコストがかかる。一方、ウェアラブルデバイスは、装着忘れやバッテリー管理の必要があるなど、日常的にデータ収集し続けるには困難を伴う。本稿では、上記の解決策として、パッシブ RFID システムを利用したモニタリング手法を提案する。宅内の壁や物品にパッシブ RFID タグ(以下、単にタグ)を装着し、その環境下で人がある動作をするとそれに応じて、各タグから発する情報を搭載した電波を RFID リーダで受信する際、その電波の受信強度(RSSI)や位相値が変化する。ここでは、その現象を利用して、対象者自身にデバイス類を何も装着することなく、食事や睡眠などの主要な生活行動を推定し、長期的に生活行動をモニタリングする。

2. 提案手法

2.1. 前提条件

本システムの想定ユーザは、健康状態を管理してくれる他者がいない一人暮らしの人とする。また、推定する宅内生活行動は以下の二つである。

- ① 宅内のどの部屋で過ごしているか
- ② 主要な日常生活行動は下記のいずれであるか:
睡眠、食事、外出、風呂、排泄、整容、滞在

毎分ごとに、上記二つを推定し、蓄積していく。宅内での個人の生活行動は、上記以外にも多様な種類が考えられるが、健康状態の維持という意味では以上で十分であると考える。

2.2. システム概要

提案システムの構成概要を図1に示す。宅内のどの部屋に滞在しているかを推定するために、各部屋の壁や床に複数のタグを貼る。また、上記した生活行動の内どれが当該室内で行われているかを推定するために、各生活行動に関連する物品に対してもタグを貼る。さらに、各タグからの情報を取得するために、RFID リーダに接続されたアンテナを一つ天井に設置する。各タグの ID は受信電波強度(RSSI)と位相値と共に、上記アンテナを介して、RFID リーダによって取得され、当該 RFID リーダに接続された PC に蓄積されていく。以上の環境を宅内の各部屋に構築する。各タグの RSSI 値は、貼り付けられた物品や近傍の人の動きに応じて変化する。そこで、ある時刻にお

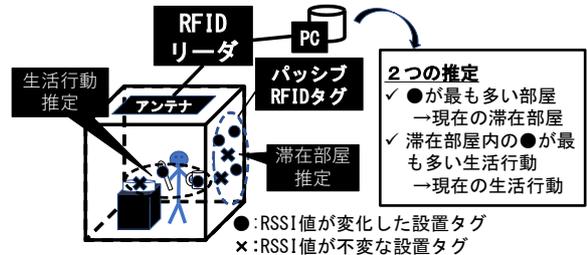


図1: システム概要

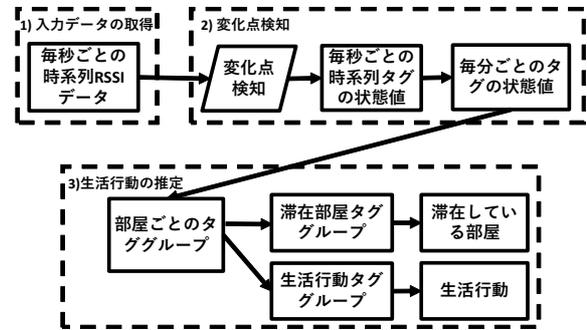


図2: 生活行動推定のフローチャート

いて、各部屋の壁や床のタグの内、RSSI 値が変化しているタグの個数が最も多い部屋を滞在部屋と決定し、さらには、その部屋で起こりうる生活行動について、関連した物品のタグの内、変化している個数が最も多いものを生活行動として決定する。詳細な決定方法については次項で述べる。

2.3. 生活行動推定手法

図2に生活行動推定の流れを示す。詳細は下記の通りである。

- 1) **入力情報の取得**: 構築した環境から得たタグごとのある区間(例えば1日)の連続したRSSI値を入力データとする。ここで、各タグからのデータは一定レートで取得できる訳ではない。よって、タグ*i*の*j*秒目のRSSI値を R_{ij} とすると、 R_{ij} は($j-1, j$)秒区間に得たデータの平均を用いる。
- 2) **変化点検知**: R_{ij} は、近傍に人がいる場合やタグが取り付けてある物体が動かされた時に、それに応じて変化する。図3に例を2つ示す。それぞれ下記の状況時に得たデータである。
 - a) タグの近傍に人がいる状態(active)といない状態(non-active)のRSSI値の変化
 - b) タグが取り付けられた物体が動かされている状態(active)といない状態(non-active)のRSSI値の変化
 各例において、点線に挟まれた区間が、人の行動によってRSSI値が影響を受けている区間である。ここで、人の行動によって電波が影響を受けている状態を active、人の影響を受けていない状態を non-active と定義する。各タグから得たRSSIデータに対して、

In-house Long-term Human Activity Monitoring Using Passive RFIDs
 †Shimpei Abe, and †Toshiaki Miyazaki
 †Graduate School of Computer Science and Engineering, the University of Aizu

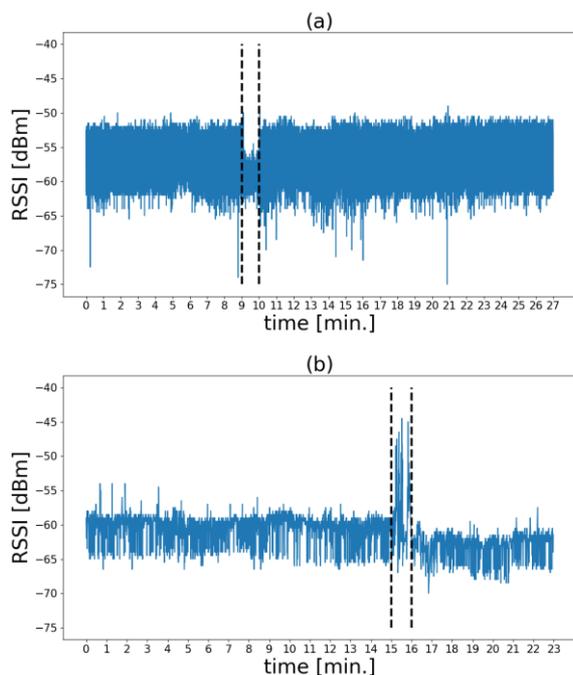


図 3:RSSI 値の時間変化の例

変化点検知アルゴリズム[3]を適用し、*active* 区間と *non-active* 区間に分割する。得られた各分割区間内の毎秒ごとの状態値を $s\text{-state}_{ij}$ とする。さらに、各タグの毎秒ごとの状態値 $s\text{-state}_{ij}$ から、毎分ごとの状態値 $m\text{-state}_{ik}$ を得る。ここで、 $m\text{-state}_{ik}$ は、タグ i の k 分目の状態値であり、区間 $(k-1, k]$ の $s\text{-state}_{ij}$ ($j = 60(k-1) + 1, \dots, 60k$) について、過半数を占める状態値である。以上の処理によって、各タグについて、毎分ごとの状態値を得る。

- 3) **生活行動の推定** : $m\text{-state}_{ik}$ から、毎分ごとの生活行動を決定する。まず、各タグについて、部屋ごと、生活行動ごとにグルーピングする。 l 番目の部屋 $room_l$ ($l = 1, 2, \dots, \text{部屋数}$) に設置されているタグ群の内、壁や床などに固定されているものを *Room-Group*、特定の生活行動 $Activity \in \{\text{睡眠, 食事, 外出, 風呂, 排泄}\}$ に関連する物体に貼り付けられたものを *Activity-Group* として、それぞれ定義する。各 *Group* について、 $m\text{-state}_{ik} = \text{active}$ である個数をカウントする。次に、最も多く *active* がカウントされたのが *Room-Group* だとすると、 k 分目の滞在部屋 $Position_k$ を $room_l$ と決定する。さらに、 $Position_k$ で想定されている生活行動について、*Activity-Group* の中で *active* が発生していた場合は *Activity*、発生していない場合は”滞在” (当該部屋にいるが、じっとしているか想定している生活行動以外の行動を行っている状態) として、 k 分目の生活行動 ADL_k を決定する。以上により、滞在部屋列と生活行動列がそれぞれ決定される。

3. 評価実験

提案手法の評価は、人工的に生成した連続した生活行動データを用いて波形を生成して行った。人工データの生成に際して用いた各種条件は以下の通りである。

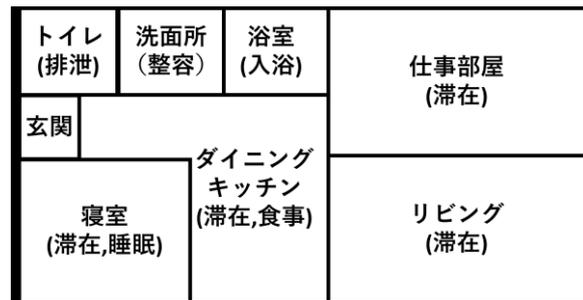


図 4:評価用想定間取りと部屋ごとの生活行動

表 1: 評価結果

実際の変化点数と推定変化点数の差の平均	1.1 個
実際の変化点と推定変化点のずれの平均	2.6 秒
実際の生活行動列と推定生活行動列の一致率	88.6 %

- 想定環境の間取りおよびそれぞれの部屋で想定される生活行動は図 4 の通り
- 各部屋の床に 5 つのタグ、さらに生活行動が存在する部屋には、それに関連した物品 5 つにタグが装着されている
- 各タグの RSSI 値は図 3 の波形の統計量を元に生成
- 人工データは実際の 11 名の生活行動パターンを元に作成

評価指標および結果は表 1 の通りである。実際の変化点の検知は、ほぼ正確に行えていることが分かった。しかし、ノイズの影響で余分な変化点まで検知していることも判明した。また、余分な変化点が奇数個ある場合に *active* 区間と *non-active* 区間の分割に重大な支障をきたし、その影響で実際に推定した生活行動列の一致率が見かけ上、劣化する現象が見られた。今回は人工データを用いた評価を行ったが、実際に取得する RSSI データは、さらにノイズが大きいが予想される。現在、実データ取得環境を構築中である。今後、ノイズへの対応など、実データにてアルゴリズムの改良を行っていく。

4. おわりに

本稿では、室内や物品に貼り付けたパッシブ RFID タグを用いて、対象者に何も機器を装着することなく、対象者の宅内における主要な生活行動を自動的かつ長期的にモニタリングする手法を提案した。人工データを用いた評価実験により、代表的な生活行動をモニタリング可能であることが分かった。今後は、実用化に向け、実機による検証と提案手法の改善を行う予定である。

参考文献

- [1] M. Babiker, O. O. Khalifa, K. K. Htike, A. Hassan, and M. Zaharadeen, "Automated daily human activity recognition for video surveillance using neural network," 2017 IEEE 4th International Conference on Smart Instrumentation, Measurement and Application (ICSIMA), Putrajaya, pp. 1-5.
- [2] Z. Wei, and T. Bao, "Research on a novel strategy for automatic activity recognition using wearable device," 2016 8th IEEE International Conference on Communication Software and Networks (ICCSN), Beijing, pp. 488-492.
- [3] C. Truong, L. Oudre, and N. Vayatis, "A review of change point detection," arXiv preprint arXiv:1801.00718, pp. 1-31, 2018.