

平成25年度 卒業論文

邦文題目

TLIFESにおける行動判定方式の提案

英文題目

**Proposal of Behavior Recognition Method in
TLIFES**

情報工学科 渡邊研究室

(学籍番号: 100430123)

山田 凌大

提出日: 平成26年2月12日

名城大学理工学部

内容要旨

我々はスマートフォンとモバイルネットワーク環境を利用することにより、高齢者や子供を含む住民全員が協力し合うことができる社会を作るシステムとして、統合生活支援システム TLIFES (Total LIFE Support system) を提案している。TLIFES は、ユーザ同士の見守り、ユーザ個人のライフログ、災害時の避難サポート、地域コミュニティ活性化を目的とした SNS (Social Networking Service) などのサービスの実現を目指している。特にユーザ同士の見守りにはユーザの行動情報を利用するため、行動判定は TLIFES に欠かせない要素である。本稿では、TLIFES におけるユーザの行動を判定する方式の提案について述べる。

目次

第1章	はじめに	2
第2章	既存技術	3
2.1	スマートフォンを用いた生活行動認識	3
2.2	携帯電話を用いたユーザ移動状態推定方式	3
第3章	TLIFES	4
3.1	概要	4
3.2	TLIFES の機能	4
第4章	現状の行動判定方式	6
4.1	取得するセンサ情報	6
4.2	行動判定の内容	6
4.3	現状の行動判定における処理手順	7
4.4	消費電力の測定	8
第5章	行動判定方式の提案	11
5.1	取得するセンサ情報	11
5.2	行動判定の内容	11
5.3	センサ情報取得処理	11
5.4	行動判定処理	12
5.5	現状の行動判定との違い	13
第6章	まとめ	14
	謝辞	15
	参考文献	16
	研究業績	17

第1章 はじめに

スマートフォンの急速な普及により，加速度センサ，方位センサ，ジャイロセンサ，GPS，Wi-Fi など，さまざまなセンサ機能が搭載されたスマートフォンを手軽に利用することが可能となった．これらのセンサ機能から得られる情報を活かし，スマートフォンを利用するユーザの状況に合わせた細かいサービスの提供や，ユーザ個人のライフログとして活用するサービスが存在する [1] [2] [3]．

我々はスマートフォンとモバイルネットワーク環境を利用することによりユーザ同士が情報共有し，高齢者や子供を含む住民全員が協力し合うことができる社会を作るシステムとして，統合生活支援システム TLIFES (Total LIFES Support system) を提案している [4] [5] [6] [7]．

TLIFES ではスマートフォンのセンサ類から収集した情報を利用し，ユーザの行動を判定する．収集されたセンサ情報は定期的に管理サーバへ送信され，ユーザごとのデータとしてデータベースに蓄積し，許可されたメンバであれば閲覧が可能である．管理サーバは過去の履歴からユーザの危険を検知し，ユーザに危険が及んでいると判断した場合，予め登録されているメールアドレスにアラームメールを配信する．

行動判定の既存研究として，NEC サービスプラットフォーム研究所が行っている「加速度センサを用いた人物行動判定における時間応答性改善手法」，法政大学大学院情報科学研究科が行っている「手に保持された端末の加速度センサを用いた歩行状態推定」などが存在する [8] [9] [10]．センサ情報を収集する端末の種類や判定する行動の種類は各研究によって異なり，それぞれの特徴を持つ．

しかし，取得したセンサ情報を管理サーバに蓄積し，許可されたメンバであれば行動判定結果を閲覧できる点，ユーザ同士が協力し合うことを目指している点，過去の履歴からユーザの危険を検知する点などは TLIFES 独自のものである．

本稿で提案する行動判定方式はスマートフォンの加速度センサを利用する．判定するユーザの行動は，「放置中」「歩行中」「乗り物乗車中」「静止中」の4種類を想定している．本稿では TLIFES における現状の行動判定方式とその課題について述べ，その課題を解決し実現可能かつ有用性を考慮した新しい行動判定方式を提案する．

以下，2章では既存技術について，3章では TLIFES の構成について述べる．4章では現状の行動判定方式とその課題について示し，5章では本提案である行動判定方式について述べる．最後に6章でまとめる．

第2章 既存技術

行動判定に関わる既存技術について記述する。

2.1 スマートフォンを用いた生活行動認識

東芝研究開発センターによる「スマートフォンを用いた生活行動認識」[11]は、スマートフォンの加速度センサとマイクを用いて生活行動を認識するものである。加速度センサで歩行、作業、静止を認識する。さらに作業の内容をマイクから収集した音データから皿洗い、アイロンがけ、掃除機がけ、歯磨き、ドライヤー、トイレ水洗・手洗いの6種類の生活行動の認識を行う。作業内容の分類は9割以上の精度で実現している。この研究は自宅内でのユーザ行動を詳細に判定することに優れている。しかし、マイクを使って作業内容を判定するため、あらかじめユーザがマイクで音を学習させる必要がある。

2.2 携帯電話を用いたユーザ移動状態推定方式

KDDI 研究所による「携帯電話を用いたユーザ移動状態推定方式」[12]は、携帯電話の加速度センサ、マイク、GPS を複合的に用いてユーザの状態を推定する。加速度センサにより走行、歩行、自転車、停止を判定し、マイクと GPS により自動車、電車、バスのユーザ状態を推定する。ユーザ状態は約8割以上の精度で推定が実現している。この研究はスマートフォンではなく携帯電話を使った行動判定の方式である。

第3章 TLIFES

TLIFES について概要と主な機能を述べる。

3.1 概要

図 3.1 に TLIFES の全体像を示す。TLIFES はスマートフォンの通信機能とセンサ機能を利用することによりユーザ同士がセンサ情報を共有し、高齢者や子供を含む住民全員が協力し合うことができる社会を作るシステムである。TLIFES のユーザ全員がスマートフォンを所持し、GPS や加速度センサなどのセンサから情報を取得する。取得したセンサ情報をユーザの位置情報や行動情報として、定期的にインターネット上のサーバに送信し、ユーザ個人ごとのデータベースに蓄積する。管理サーバに蓄積された情報は、PC や携帯端末から許可された人であれば閲覧が可能である。管理サーバでは過去の履歴からユーザの異常を検出し、あらかじめ登録されているメールアドレスにアラームメールを配信する。これによりユーザの緊急時でも迅速な対応が可能となる。

3.2 TLIFES の機能

TLIFES は、家族間などユーザ同士の見守り機能の他、ユーザ自身のライフログ、災害時にユーザの位置情報・行動情報を活かした避難支援、地域コミュニティの活性化のための SNS¹ 機能の導入などを計画している。

¹Social Networking Service

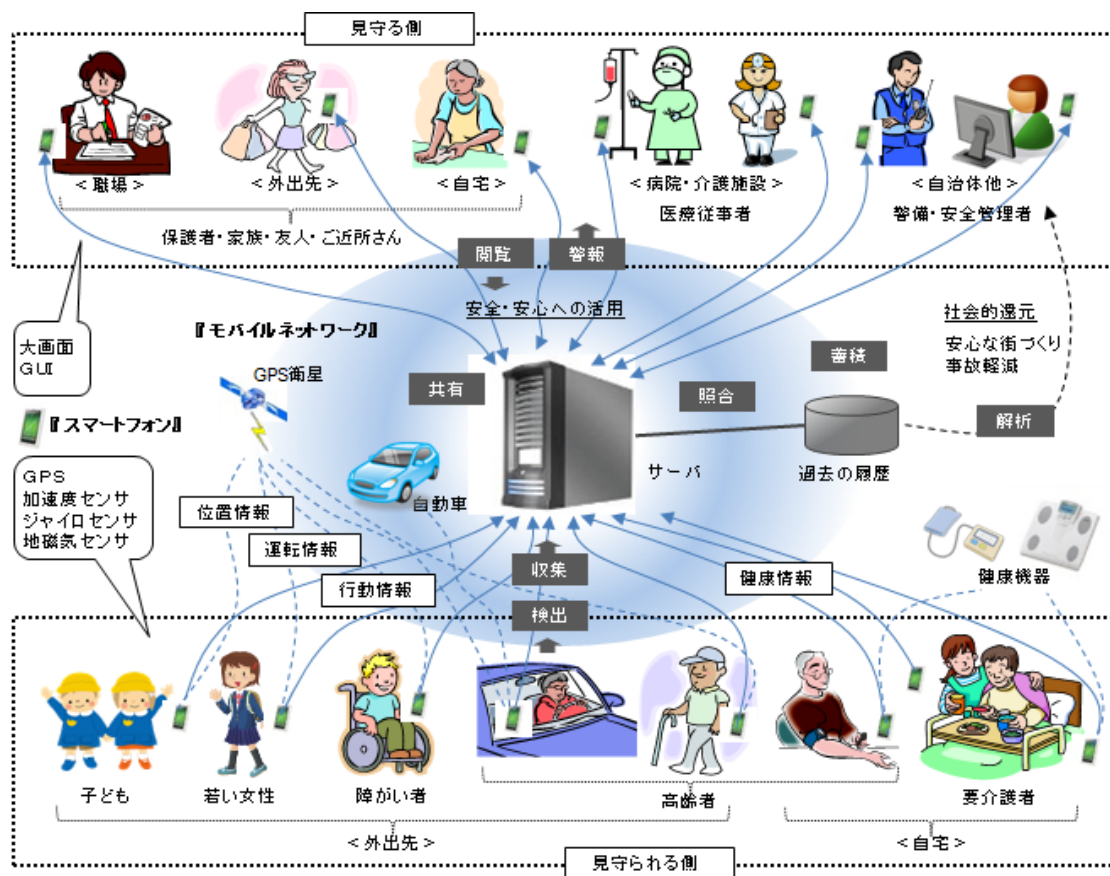


図 3.1 TLIFES 全体像

第4章 現状の行動判定方式

TLIFES で現在実装されている行動判定方式について述べる。

4.1 取得するセンサ情報

TLIFES における現状の行動判定方式では、スマートフォンに搭載されている GPS、加速度センサ、Wi-Fi を利用して情報の取得を行う。

(1) GPS

緯度経度を取得する。ユーザの位置情報の取得に利用し、時間ごとの位置情報を経路履歴とする。

(2) 加速度センサ

加速度センサを用いて 3 軸加速度を取得する。取得した加速度は 3 軸合成し、歩数計の歩数カウントやユーザがスマートフォンを保持しているかどうかの判定に利用する。

(3) Wi-Fi

Wi-Fi 機能を利用して BSSID¹ を取得する。BSSID はアクセスポイントの固有の値であり、MAC アドレスと同一である。定期処理ごとに BSSID を取得し、前回取得したものと比較することでユーザの移動・停滞判定に利用する。

4.2 行動判定の内容

現状の行動判定方式における、判定結果として出力する行動を以下に述べる。

(1) 放置中

加速度センサを用いて判定する。ユーザがスマートフォンを机の上などに置いた状態で、サーバへの定期送信間にユーザが一度もスマートフォンに触れていない状態を「放置中」とする。

(2) 停滞中

GPS や Wi-Fi を用いて判定する。ユーザが前回の位置情報と比較して大きく移動しておらず、一定範囲内に居る場合「停滞中」と判定する。

(3) 歩行中

¹Basic Service Set Identifier

加速度を用いた歩数計の平均歩数が一定値以上である場合、ユーザが歩行していると判断し「歩行中」と判定する。

(4) 歩行停滞中

「停滞中」であるが、平均歩数が一定値以上である場合に、ユーザが大きく移動していないが歩行中であるとし「歩行停滞中」と判定する。

(5) 移動中

位置測位完了後、前回の位置より一定距離離れた位置に移動したときユーザが移動していると判断し「移動中」と判定する。移動中は「高速移動中」、「低速移動中」、「歩行移動中」に分類され、移動距離と経過時間から算出した速度が一定値以上である場合「高速移動中」と判定する。速度が一定値未満である場合、平均歩数が一定値以上であれば「歩行移動中」、平均歩数が一定値未満であれば「低速移動中」と判定する。

4.3 現状の行動判定における処理手順

現状の行動判定方式の処理手順を図 4.1 に示す。また、現状の行動判定方式の特徴である 3 つの判定を以下に示す。

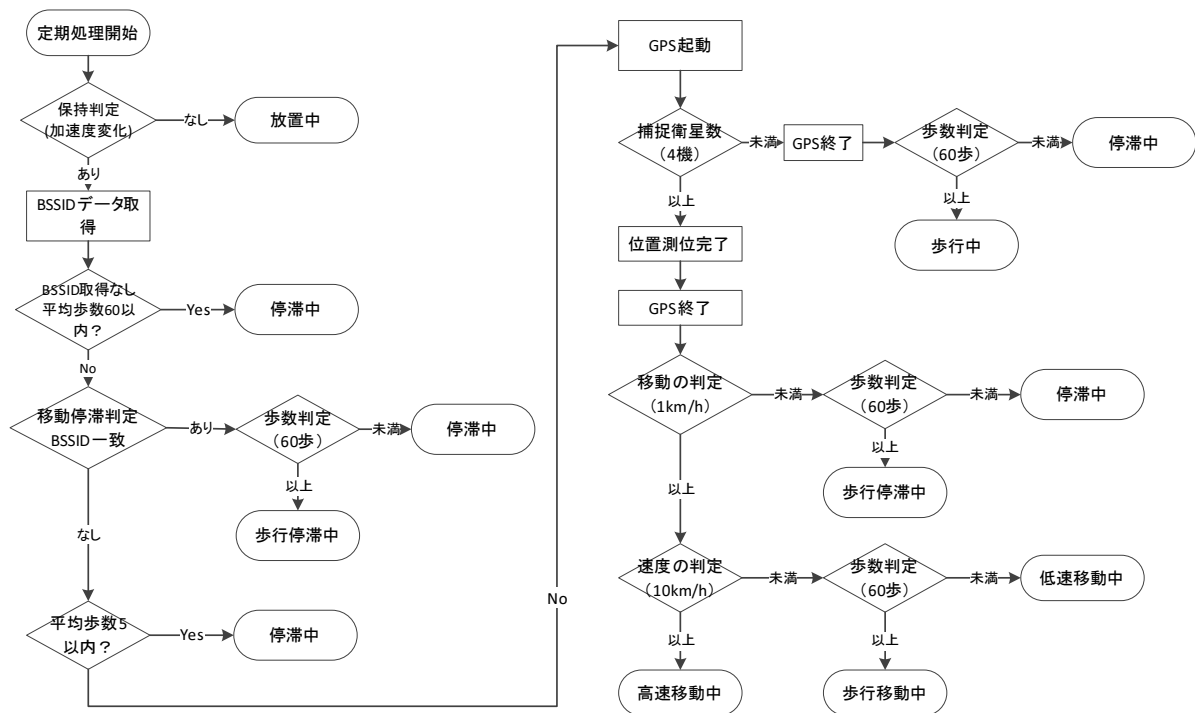


図 4.1 現状の行動判定方式

4.3.1 スマートフォン保持判定

加速度センサを用いて、ユーザがスマートフォンを所持しているかどうかの判定を行う。定期実行間である2分間に加速度センサより取得できる加速度に変化がなかった場合「放置中」と判定する。「放置中」と判定された場合、ユーザが移動していないため位置情報の更新を行わない。

4.3.2 BSSID による移動・停滞判定

Wi-Fi アクセスポイントの固有の値である BSSID を用いて、ユーザの移動・停滞を判定する。周囲の Wi-Fi の BSSID を検索し、前回取得した BSSID と同じものを取得した場合、Wi-Fi の電波到達範囲である 100m 以内からユーザが移動していないと判断し「停滞中」と判定する。前回取得した BSSID と一致するものを取得しなかった場合は、ユーザが大きく移動したと判断し GPS を起動する。

4.3.3 GPS による移動判定

GPS の位置測位完了後、得られた位置情報を用いてユーザの移動を詳細に判定する。前回取得した位置情報からの移動距離を経過時間で割ることで算出される速度が、一定値以上であればユーザが高速に移動していると判断し「高速移動中」と判定する。速度が一定値未満であれば「低速移動中」、歩数が毎分 60 歩以上であれば「歩行移動中」と判定する。

4.3.4 捕捉衛星数を用いた GPS 制御

GPS の長時間起動は消費電力が大きく、GPS を常に起動することはスマートフォンの稼働時間の短さに大きく影響する。また、室内や地下鉄などでは GPS による正確な位置測位が行えないため、無駄な GPS 起動を抑えることを目的として現状の行動判定方式では捕捉衛星数を用いた GPS 制御を行っている。GPS 起動後、一定時間（10 秒）経過時点で SNR（信号対雑音比）と捕捉衛星数が一定値未満の場合、正確な位置測位が行えないと判断し即座に GPS を終了する。SNR と捕捉衛星数が一定値以上の場合は、GPS による位置測位を継続し位置測位完了後 GPS を終了する。

4.4 消費電力の測定

現状の行動判定方式を利用した TLIFES アプリケーション利用時のスマートフォンの消費電力について述べる。

現状の行動判定は 4.3 の各判定を特徴としている。これらは GPS の無駄な起動を抑える目的も兼ねており、GPS による消費電力を低減している。しかし、TLIFES 利用時のスマートフォンの消費電力が未だに大きいことが現状である。

4.4.1 測定方法

測定に用いたスマートフォンと Android アプリケーションを以下に示す。

スマートフォン：SAMSUNG GALAXY NEXUS

アプリケーション：CORE Power Profiler [13]

CORE Power Profiler はスマートフォンの消費電力を詳細に測定できるアプリケーションであり、本測定で示す結果は 1 時間あたりのものである。

4.4.2 測定条件

以下の測定条件 (1)~(5) で 3 時間分の測定を行い、その平均を結果として示す。

測定条件 (1)：スマートフォンを机の上に置いた状態

測定条件 (2)：周囲に Wi-Fi 環境のある室内でスマートフォンを所持した状態

測定条件 (3)：周囲に Wi-Fi 環境のない地下鉄でスマートフォンを所持した状態

測定条件 (4)：Wi-Fi 設定をオフにして、室内でスマートフォンを所持した状態

測定条件 (5)：屋外でスマートフォンを所持し歩行している状態

4.4.3 測定結果

測定条件 (1)~(5) を 3 時間分の測定を行った。測定結果として 1 時間あたりの平均を表 1 に示す。単位は mAs/h である。

4.4.4 考察

測定条件 (2), (3), (4) では、どれも室内でスマートフォンを所持している。条件 (2) と条件 (3) の違いは、周囲に Wi-Fi のアクセスポイントがあるかないかであり、条件 (4) は Wi-Fi

表 1 各条件の消費電力

	条件	Wi-Fi	判定結果	SP全体	TLIFES			
					全体	CPU	GPS	加速度
(1)	放置	-	放置中	473,557	97,292	96,792	0	500
(2)	室内	APあり	停滞中	543,773	131,091	130,641	0	450
(3)	室内(地下鉄)	APなし	停滞中	504,760	109,423	108,373	550	500
(4)	室内	設定オフ	停滞中	495,344	109,280	107,958	822	500
(5)	屋外移動	-	移動中	511,810	107,473	101,282	5,691	500

の設定がオフの状態である。測定条件 (2), (3), (4) の測定結果の中で条件 (2) が一番消費電力が大きく、TLIFES アプリケーションの消費電力を比較すると条件 (3), (4) より約 1.2 倍の電力を消費する。このことより、同じ「停滞中」と判定されていても Wi-Fi の BSSID を用いた移動・停滞判定による処理に比較的大きく電力を消費することがわかった。

4.4.5 課題

4.4.4 で述べたように、Wi-Fi の BSSID を用いた移動・停滞判定による消費電力が大きい点が現状の行動判定の課題として挙げられる。また、スマートフォンの機種によって存在する BSSID 全てを取得できない場合があることが確認されており、これによる判定の誤りが発生する。

そのほか GPS による移動判定の際に、GPS による位置測位が行えない場合がある電車や位置測位が行えない地下鉄に乗車した後、歩いているが「高速移動中」と判定されてしまう場合がある。これは、移動距離と経過時間から算出する速度が実際にユーザが移動している速度とは異なるため判定を誤る。

これら現状の行動判定の課題を解決し、実現可能かつ有用性を考慮した行動判定方式を 5 章で提案する。

第5章 行動判定方式の提案

提案する行動判定方式について述べる。

5.1 取得するセンサ情報

提案する行動判定方式では，スマートフォンに搭載されている加速度センサを利用して情報の取得を行う。GPSはユーザの位置情報更新にのみ利用するため，行動判定では使用しない。

(1) 加速度センサ

3軸の加速度を取得する。歩数計の歩数カウント，ユーザがスマートフォンを保持しているかどうかの判定，乗り物に乗車しているかどうかの判定に使用する。

5.2 行動判定の内容

提案する行動判定方式では，判定結果は実現可能かつ有用性がある点を考慮して，以下の行動を判定結果として出力することとした。

(1) 放置中

4.2の(1)と同様である。ユーザがスマートフォンを所持していない，スマートフォンが放置されている状態を「放置中」と判定する。

(2) 歩行中

4.2の(3)と同様である。ユーザが歩行している状態を「歩行中」と判定する。

(3) 乗り物乗車中

ユーザ乗り物に乗車している状態を「乗り物乗車中」と判定する。

(4) 静止中

ユーザがスマートフォンを所持しているが，椅子に座っている，立っているなど動かず静止している状態を「静止中」と判定する。

5.3 センサ情報取得処理

40msごとに取得するセンサ情報の処理を図5.1に示す。

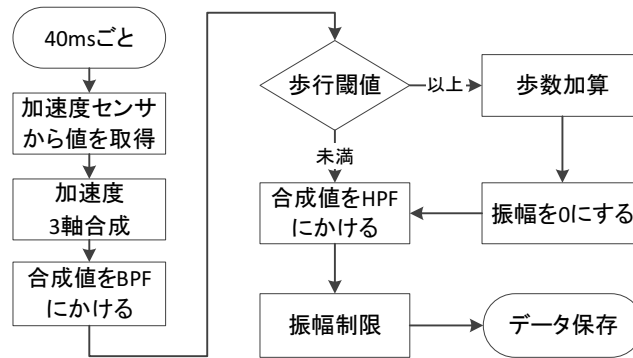


図 5.1 センサ情報取得処理

TLIFES では歩数計機能を備わっており、歩数をカウントするために 40ms ごとに加速度センサから加速度の値を取得する。取得した加速度の値を 3 軸合成し、雑音除去のためにバンドパスフィルタにかける。雑音除去後の合成値が歩行閾値を超えた場合は歩数をカウントする。

5.4 で述べる乗り物乗車判定は乗り物乗車中に高周波ノイズを検出することを利用して、その乗り物乗車判定に用いる加速度データを生成するために、雑音を除去する前の合成値をハイパスフィルタにかけることにより加速度の広域周波数を参照する。この際、歩行時の加速度は振幅が大きく誤判定の原因となるため、歩数をカウントした時の加速度は判定結果に影響のないよう振幅を 0 にする。ハイパスフィルタに通した後は、振幅を一定範囲で制限する。これは、瞬間的に大きい振幅のデータが誤判定の原因となるためである。最後に生成した加速度データを保存し、2 分ごとの行動判定処理にて乗り物乗車判定を行う際に利用する。

5.4 行動判定処理

提案する行動判定の処理手順を図 5.2 に示す。

本提案では、はじめにスマートフォンの保持判定を行う。サーバへの定期送信間である 2 分間、加速度センサの値に変化がない場合は「放置中」と判定される。加速度センサの値に変化がある場合は、ユーザがスマートフォンを保持していると判断し歩数を用いた歩行判定を行う。

歩行判定は 1 分間の平均歩数が 60 歩以上である場合、ユーザが歩行していると判断し「歩行中」と判定する。1 分間の平均歩数が 60 歩未満の場合は、方位センサを用いた電車乗車判定を行う。

乗り物乗車判定は、車やバスなどの乗り物に乗車している時に高周波ノイズを連続的に検出することを利用する。5.3 に記述した加速度データの 2 乗平均値が一定値以上の場合、「乗り物乗車中」と判定する。加速度データの 2 乗平均値が一定値未満の場合は、ユーザがスマートフォンを所持しているが静止していると判断し「静止中」と判定する。

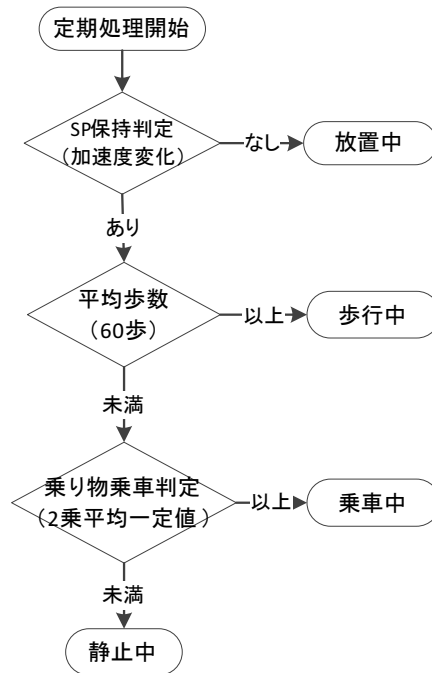


図 5.2 提案する行動判定方式

「歩行中」、「乗り物乗車中」と判定された時にユーザの位置情報更新のために GPS を起動する。この際、室内や地下鉄などでは GPS による位置測位を正確に行えないため、4.3.4 で述べた捕捉衛星数を用いた GPS 制御を提案方式でも利用する。そのため、GPS による位置測位を行える場所ではユーザの位置情報を更新し、位置測位を行えない場所では位置情報の更新は行わない。

5.5 現状の行動判定との違い

提案する行動判定が現状のものと異なる点を述べる。

4.4.5 で述べた通り、現状の行動判定では GPS から取得した位置情報から移動距離を算出し行動判定に利用していた。しかし、GPS による位置測位は場所により位置情報をうまく取得できないことや誤差が生じることがある。また、Wi-Fi は消費電力が比較的大きく、BSSID 取得が不正確になる機種の確認がされた。これらは判定の誤りに影響することから、提案する行動判定では加速度センサのみを利用することにした。加速度センサは情報取得する時の場所に依存することがないことが利点である。

第6章 まとめ

本稿では、TLIFESにおける現状の行動判定方式の課題を述べ、その課題を解決する新しい行動判定方式の提案を述べた。現状の行動判定方式のWi-FiのBSSIDを用いた移動・停滞判定による消費電力が大きい点などが課題として挙げられ、提案方式ではWi-FiのBSSIDを用いた移動・停滞判定を行わないことにより、BSSID検出部分の消費電力を抑えることが可能である。提案方式では、加速度センサを利用する。判定する行動は実現性と有用性を考慮し、「放置中」「歩行中」「乗り物乗車中」「静止中」の4種類の行動を判定することとした。

今後は提案の実装と行動結果の認識率を調査し、高い認識率を実現するための閾値の設定を行っていく。

謝辞

本研究に関して、研究の方向性や進め方など終始にわたり御指導、御助言を賜りました指導教官の渡邊晃教授に心より厚く御礼申し上げます。

本研究を進めるにあたり、常日頃からご意見ならびにご助言を受け賜りました、TLIFES関係者の皆様に深く感謝しております。

最後に、本研究を行うにあたり、本研究室の皆様にも多くの方々から多大な助言と協力を受け賜り、深く感謝しております。

参考文献

- [1] : i コンシェル (NTT ドコモ). <https://www.nttdocomo.co.jp/service/customize/>
(accessed 2014-1-29) .
- [2] : からだの時計 (NTT ドコモ). <http://www.d-healthcare.co.jp/service/tokei/index.html>
(accessed 2014-1-29) .
- [3] : Moves(iOS, Android アプリケーション). <http://www.moves-app.com/>
(accessed 2014-1-29) .
- [4] 大野雄基, 手嶋一訓, 加藤大智, 山岸弘幸, 鈴木秀和, 旭 健作, 山本修身, 渡邊 晃:
TLIFES を利用した徘徊行動検出方式の提案と実装, 情報処理学会論文誌コンシューマ・
デバイス&システム (CDS), Vol. 3, No. 3, pp. 1-10 (2013).
- [5] 大野雄基: スマートフォンモバイルネットワーク環境を利用した TLIFES の提案と実
装, 修士論文, 名城大学 (Jan.2013).
- [6] 加藤大智, 竹腰昇太, 大野雄基, 鈴木秀和, 旭 健作, 渡邊 晃: TLIFES における省
電力化を目的とした位置測位手法の提案と実装, 研究報告コンシューマ・デバイス&シ
ステム (CDS), Vol. 2013-CDS-6, No. 13, pp. 1-6 (2013).
- [7] 加藤大智: スマートフォンを利用した見守りシステム TLIFES の提案と実装, 修士論
文, 名城大学 (Jan.2013).
- [8] 千葉雄樹, 小西勇介, 中尾敏康: 加速度センサを用いた人物行動判定における時間応答
性改善手法, 全国大会講演論文集, Vol. 71, pp. "3-61"- "3-62" (2009).
- [9] 太田麗二郎, 廣津登志夫: 手に保持された端末の加速度センサを用いた歩行状態推定,
第 75 回全国大会講演論文集, Vol. 2013, No. 1, pp. 155-157 (2013).
- [10] 森 達男, 斎藤豪助, 松本充司, 若原俊彦: モバイル通信による行動情報の抽出とその
利用方法, 電子情報通信学会総合大会講演論文集, Vol. 2003, p. 821 (2003).
- [11] 大内一成: 実世界に広がる装着型センサを用いた行動センシングとその応用: 4. スマ
ートフォンを用いた生活行動認識 -家の中も外もスマホで行動認識-, 情報処理, Vol. 54,
No. 6, pp. 578-581 (2013).
- [12] 小林垂令, 岩本健嗣, 西山 智: 釈迦:携帯電話を用いたユーザ移動状態推定方式, 情
報処理学会論文誌, Vol. 50, No. 1, pp. 193-208 (2009).
- [13] : CORE Power Profiler (Android アプリケーション)
. <http://www.core.co.jp/product/embedded/smartphone/corepowerprofiler.html>.

研究業績

学術論文

なし

研究会・大会等

1. 山田凌大, 旭健作, 鈴木秀和, 渡邊晃, “TLIFES におけるスマートフォンの消費電力低減対策の検討”, 平成 25 年度電気関係学会東海支部連合大会論文集, Sep.2013.