

車輪に取り付けた BLE ビーコンによる車椅子移動認識の基礎検討

大鐘 勇輝[†] 水野 涼雅[†] 榎堀 優[‡] 梶 克彦[‡]愛知工業大学 情報科学部情報科学科[†] 名古屋大学 大学院情報科学研究科[‡]

1. はじめに

半導体技術の発達と通信インフラの充実によって、様々なモノをインターネットに接続する「Internet of Things(IoT)」の考え方が広まっている。これによりテレビやエアコンといった家電をインターネットを通して遠隔操作できるだけでなく、モノに搭載されているセンサから多くの情報が取得可能となった。この IoT デバイスから得られる使用ログデータやセンサデータは、集めて解析を行うと行動パターンなどのライフログデータが取得でき、環境に合わせた電力制御の他、広い分野に応用できる。しかし、IoT に対応したモノは最初から電子機器が内蔵されている家電に多く、椅子といった家具などは対応していないものが多い。

そこで我々は先行研究として BLE(Bluetooth Low Energy)ビーコンを家電や家具などモノの中に直接入れ、状態によって変化する BLE ビーコンの電波強度をもとに状態推定を行う手法を提案している。[1] しかしながらこの先行研究では「閉まっている」、「開いている」というように二値の変化のみを対象としており、回転動作のような周期的に状態が変化するモノは状態推定ができないという問題があった。

そこで本研究では、複数の状態を持つモノの状態推定を目的とし、回転動作の代表例として車椅子を用い BLE ビーコンの受信電波強度の変化から移動を推定する手法を提案する。

車椅子における移動認識の先行研究として、GPS を用いた手法や加速度、角速度、地磁気を用いた手法など様々な手法が提案されてきた。長谷川ら[2]は車椅子に 9 軸のモーションセンサを取り付け、そこから得られる 3 軸加速度、3 軸角速度、3 軸地磁気から車椅子バスケットにおける選手の位置推定を行っている。車椅子バスケットでは車椅子同士の衝突が頻繁に発生するため、セン

サデータをそのまま使うだけでは誤差が生じる。そこで衝突時のデータや BLE ビーコン、映像データを用いて補正を行い、位置推定精度を向上させる手法を提案している。

GPS と加速度センサを使って車椅子の位置測定とバリアフリー情報を集める研究がある。荒井ら[3]は車椅子に設置した加速度センサから段差を検知し、その情報を GPS データと共に収集してオンデマンド型バリアフリー情報提供システムを構築する手法を提案している。

2. BLE ビーコンを用いた車椅子の移動推定

車椅子における移動認識の先行研究は、様々なセンサを用いて高精度な位置推定を実現するものや、得られたセンサデータを使って周辺状況を把握するものが多い。しかし、老人ホームなどでの使用を考えると、保守や運用の面から設置コストが小さく、汎用的な機器のみで動作できるのが望ましい。そこで省電力で小型、かつスマートフォンで電波を受信できる BLE ビーコンを本研究では使用する。

BLE ビーコンは電波が微弱なため受信機との距離や方向が変化すると受信電波強度も大きく変化する。本研究ではこの特徴を利用し、車輪の回転を捉えて車椅子の移動を推定する。

2.1 各機器の設置位置及び前提

本研究は図 1 のように BLE ビーコンを車椅子の車輪に、受信機となるスマートフォンを車椅子後ろのポケットに設置して行う。ここで BLE ビーコンにはパラボラアンテナ型の指向性アダプタを取り付けており、特定の方向に電波を取束させ、



図 1 機器の設置と電波の受信及び判定

Basic Examination of Wheelchair Movement Recognition by BLE Beacon attached to Wheels

[†]Yuki Ogane, Ryoga Mizuno, Katsuhiko Kaji • Aichi Institute of Technology

[‡]Yu Enokibori • Nagoya University

受信機と位置が重なった際に大きな受信電波強度の変化が起きるようにしている。また、各設定値として BLE ビーコンの送信間隔は 100ms, 受信機の受信間隔は 200ms と設定し, 受信には自作の Android アプリケーションを使用している。

2.2 状態推定アルゴリズム

本手法では車輪の回転によって変化する BLE ビーコンの受信電波強度をもとに移動の推定を行う。この時、受信したデータをそのまま使用するとノイズや揺らぎによる影響を受けてしまい正確に推定を行えない。そこで、データに対して移動平均を用いたローパスフィルタを適用し、ノイズの除去を行う。ここで、ローパスフィルタに用いるサンプル数は 8 個(1.6 秒分)としている。

本手法は最終的に閾値処理で移動の判定を行う。しかし、使用する BLE ビーコンは電池で駆動しているため、電池残量が減少すると送信電波の出力が弱まり受信電波強度も小さくなる。これによりピーク検出の際の閾値が定まらなくなってしまい、結果として移動推定の精度に影響してしまう。そこで、取得したデータを 0~1 の間の値になるよう正規化し変化の尺度の統一を行う。

移動を推定する指標として、取得した受信電波強度データにおけるピーク値の個数を用いる。ピーク値とはある範囲内における極大値(極小値)のことであり、図 2 では赤と青の丸で示した部分がそれに当たる。ここで移動推定には極大値のピーク個数と極小値のピーク個数を使う方法が考えられるが、極小値のピーク値は電波強度が弱く正しく検出できない場合がある。そこで本手法では極大値のピーク個数のみを移動推定の指標として使用する。

また、車輪の回転状態や BLE ビーコンの電波状態によっては、ローパスフィルタで除去しきれない電波強度の揺らぎが発生し、ピーク値の判定を誤る場合がある。そこで、ピーク値同士の時間間隔とそれぞれの信号強度に閾値を設けて誤検出の抑制を行う。今回は時間の閾値として 2 秒、信号強度の極小閾値として 0.00~0.50, 極大閾値として 0.51~1.00 と設定している。

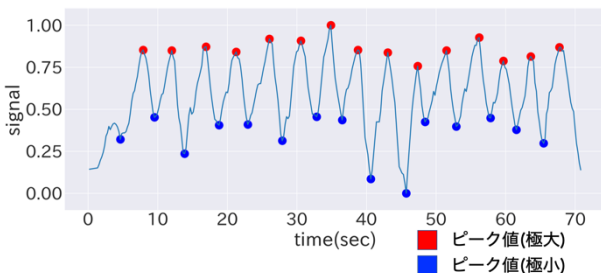


図 2 ピーク検出グラフ

3. 評価実験

提案した手法の推定精度を確かめるため、評価実験を行なった。使用機材として BLE ビーコンはフォーカシステムズ社の FCS13012 を、受信機はソニーモバイルコミュニケーションズ社の Xperia XZ1 を使用し、設置位置は図 1 と同じ場所とした。

評価実験はあらかじめ決めておいた数だけ車輪が回るよう車椅子を動かし、実際の回転数(R1)と推定回転数(R2)を(R2 / R1)のように計算して正解割合を出す。今回は車輪が 15 回転するように車椅子を動かし、それを 5 回×3 セット行い最終的な推定精度を出す。

評価実験の結果、正解率は 1 セット目が 100%, 2 セット目が 98.7%, 3 セット目が 100% となり最終的な正解率は 99.6% となった。2 セット目の試行において誤推定があったが、この場所の波形を確認すると受信電波強度の変化が小さくピーク検出時の閾値を超えられなかったのが原因であった。そのため、更なる高精度化を目指すにはピーク検出時の閾値を見直すことが必要であるだろう。

4. 今後の課題

本稿では BLE ビーコンを用いて、車輪の回転によって変化する電波強度から車椅子の移動を推定する手法を提案した。評価実験の結果、高い精度で推定可能という結果が確認され、本手法の有用性を立証した。

しかし、現在推定できるのは直進の移動だけであり、曲がるといった移動は検知できない。そこで今後はそれらの移動も検知できるよう改善を行い、手法の確立を目指す。

参考文献

- [1] 大鐘 他: 物体内部に設置した BLE ビーコンの電波強度を用いた状態推定手法, マルチメディア, 分散協調とモバイルシンポジウム 2019 論文集, Vol.2019, pp. 792-799, 2019
- [2] 長谷川 他: 車いすバスケットボールにおける 9 軸センサを用いた選手位置推定の検討, 研究報告モバイルコンピューティングとパーベイシブシステム (MBL), 2018
- [3] 荒井 他: 一般車椅子利用者からのセンサ情報を活用したオンデマンド型バリアフリー情報提供システム, マルチメディア, 分散協調とモバイルシンポジウム 2016 論文集, Vol.2016, pp. 73-78, 2016