

## 複数のウェアラブルデバイスを併用した BLEによる室内位置測位精度向上手法の検討

中島 尚紀<sup>†</sup> 湯 素華<sup>††</sup> 土岐 卓<sup>†††</sup> 大岸 智彦<sup>†††</sup> 小花 貞夫<sup>††</sup>  
電気通信大学 情報理工学部<sup>†</sup>/大学院情報理工学研究科<sup>††</sup>  
株式会社 KDDI 研究所<sup>†††</sup>

### 1. はじめに

スマートフォンをはじめ Apple Watch や Google Glass など様々な形状や装着部位をもつスマートデバイスが普及してきている。いずれも各種センサを搭載する。それらを利用する技術の1つに位置測位がある。特に室内位置測位では、Wi-Fi や Bluetooth の RSSI(受信信号強度)を利用したものが多いが、数 m の精度でしか測位を行う事ができない。筆者らは、多くのスマートフォンやスマートウォッチ等に実装されている BLE(Bluetooth Low Energy)の RSSI を利用し、複数のウェアラブルデバイスの計測データから室内位置測位の精度を向上させる方式を検討しており、それについて報告する。

### 2. 既存手法

BLE の RSSI を利用した室内位置測位の中で代表的な手法として Fingerprinting [1]がある。この手法では事前に測位対象エリアで RSSI を測定して、それをもとにマップを作成し、実際に測位する段階では、その時々で得られた RSSI をマップと比較して位置推定を行う。そのため、そのエリアの電波環境に適した測位を行えるが、端末所持者の体などからの遮蔽により、RSSI が本来その場所で直接波のみから得られるものよりも弱くなる場合が多く、これにより測位精度が落ちるといった問題が生じる。

### 3. 検討手法

検討手法は、この問題を解決するために、体の異なる箇所所持する2つのデバイスと向き情報を持つマップを利用する。

2つのデバイスには、信号源からの信号がそれぞれ異なる経路で到達するため、遮蔽の影響を

Improving Accuracy of BLE-based Indoor Positioning Using together Multiple Wearable Devices

<sup>†</sup>Naoki Nakajima, <sup>††</sup>Suhua Tang, <sup>†††</sup>Suguru Doki, <sup>†††</sup>Tomohiko Ogishi, <sup>††</sup>Sadao Obana

<sup>†</sup>Faculty of Informatics and Engineering, The University of Electro-Communication

<sup>††</sup>Graduate School of Informatics and Engineering, The University of Electro-Communications

<sup>†††</sup>KDDI R&D Laboratories, Inc.

受けても、いずれかのデバイスで信号を受信できる可能性が高い。また、地磁気センサなどで判定した向きから、その向きに適したマップを選択することで、デバイス所持者の体の遮蔽状態に応じた測位を行うことで精度向上が見込まれる。

### 4. 実験

#### 4.1 実験概要

遮蔽のないように掌に持ったスマートフォン(P1)と、左の胸ポケットに入れたスマートフォン(P2)で測定を行った。P1は向き情報を利用せず、P2は向き情報を利用する。スマートフォンと信号源(BLEビーコン)の実験条件は表1に示す。

表1 スマートフォンとビーコンの条件

スマートフォン	Nexus 5 (Android 4.4.2)
BLE ビーコン	Aplix 社 MB002 Ac (ペンダント型 MyBeacon)
ビーコン出力設定	0 dBm
ビーコン送信間隔	100 ms

測定は室内に4つのBLEビーコンを設置し、2m間隔の各ポイントで行った(図1)。いずれも静止状態で、P1は各ポイントで2分間、P2は各ポイントで45度毎の8方向それぞれを向いて2分間の測定をした。2分間の測定データのうち、はじめの80秒のデータを800ms毎に分割し、そのそれぞれのRSSIの平均から、さらに平均と分散を算出して、それらをパラメータとする正規分布をRSSIマップとした。残りの40秒のデータも800msで分割し、それぞれの平均を測位時に得られたデータとした。

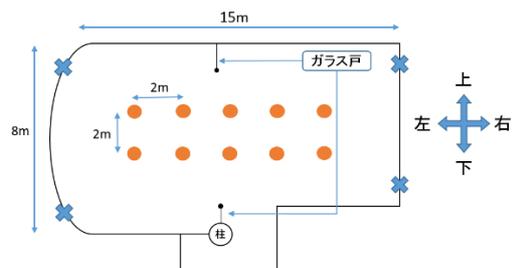


図1 ビーコン設置位置と測定ポイント  
(×印の高さ2m位置にビーコンを設置)

測位は [2]で行っている方式と同様に、800ms 毎に得られた RSSI 平均値をマップの正規分布に代入して、各ポイントの尤度を計算し、尤度を重みとして座標と組み合わせて位置を算出する。併用測位ではさらに 2 端末の尤度を掛け合わせたものから位置推定をする。以下の場合の精度比較を行った。

- P1 だけの測位
- P2 だけの測位
- P1, P2 の併用測位
- 90 度異なる向きの 2 つの P2 データの併用測位(上と左, 左と下, 下と右, 右と上の方向の組み合わせで併用)

#### 4.2 実験結果

P1 と P2 それぞれ単一デバイスを用いた際の測位誤差, P1 と P2 の併用測位誤差, 90 度異なる P2 データの併用測位誤差をそれぞれ図 2, 図 3, 図 4 に示す。いずれも誤差はその累積分布を表しており、方向は図 1 中の向きを示している。また、使用デバイス毎にすべてのポイントの全方向の誤差の平均値を表 2 に示した。

### 5. 考察

図 2, 図 3 より向き情報を利用したほうが利用しないものよりも精度が向上している。しかし、図 4 のように向き情報を利用した 2 つのデバイスを併用しても、精度が低くなる場合もあることがわかった。これは次の 2 つが RSSI 平均値に影響を及ぼしたことが原因と思われる。

- (1) 遮蔽されなかったデバイスも、マルチパスの影響で RSSI が極端に弱くなった。
- (2) 尤度により判定しているが、片方のデバイスが遮蔽により、極端に尤度が落ちた。

(1)は、弱い RSSI が含まれることでばらつきが大きくなるため、そのばらつきから丸め込むことで精度が改善できると思われる。(2)は、2 つのデバイスのそれぞれの尤度から位置推定を行い、得られた 2 点間の距離や尤度比などから、どちらかのデバイス 1 つだけで測位を行うか、2 端末併用測位を行うかを選択することで緩和できると考えられる。

### 6. おわりに

2 つの BLE デバイスを用いて室内位置測位の精度向上が可能であることを示した。今後はさまざまな空間での精度分析、向き情報を利用した際のデバイス選択方法の検討、評価を行う。

表 2 使用デバイス毎の平均測位誤差

使用デバイス	平均測位誤差(m)
P1のみ	2.36
P2のみ	1.71
P1 と P2 の併用	0.96
90 度異なる P2 データの併用	0.41

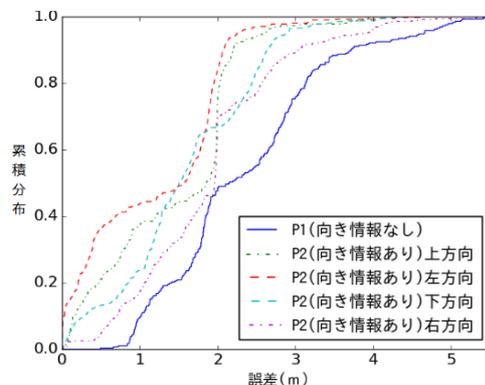


図 2 P1 と P2 それぞれの測位誤差

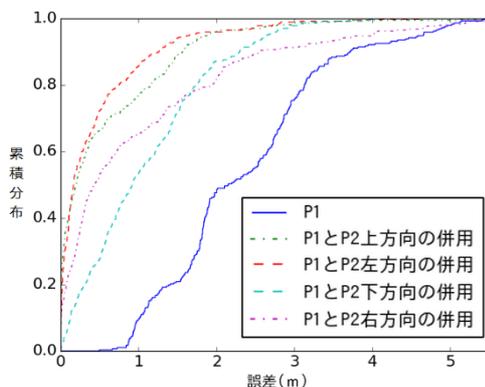


図 3 P1 の測位誤差と P1,P2 併用の測位誤差

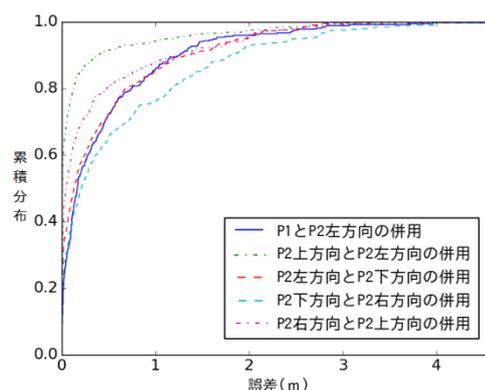


図 4 P1 と P2 左方向の併用測位誤差と 90 度異なる向きの 2 つの P2 データ併用の測位誤差

### 参考文献

[1] Faragher, R., et al., "Location Fingerprinting With Bluetooth Low Energy Beacons," Selected Areas in Communications, IEEE Journal on, vol.33, no.11, pp.2418-2428, 2015.

[2] Chen, L., et al., "Bayesian Fusion for Indoor Positioning Using Bluetooth Fingerprints," Wireless Personal Communications, vol.70, issue 4, pp.1735-1745, 2012.