

1D-01

## 携帯端末間距離情報による端末位置特定方法

松本 光弘<sup>†</sup> 白木 宏明<sup>†</sup> 大松 史生<sup>†</sup>

三菱電機株式会社 情報技術総合研究所<sup>†</sup>

### 1 概要

近年、インターネットと実世界をつなぐ O2O(Online to Offline)のマーケットが注目を集めている。店舗を訪れた消費者にスマートデバイスを通じて、クーポンやセール情報を提供することで、効果的なマーケティングを実現することができる。オフラインでの人の状況に合わせた情報・サービス提供は、人の興味を引くため、人の状況、とりわけ人の位置情報は大きな価値を持っている。

そこで、本稿では、O2O がデパートや空港といった屋内で利用されることを想定し、GPS や Beacon を用いず、スマートデバイス間の距離情報から人の位置を特定する方法を提案する。

### 2 関連研究

屋内での位置測定技術として、歩数計やジャイロセンサ等によって位置を特定する方法 [1] が紹介されているが、歩行距離が長くなるほど誤差が大きくなる点や、携帯端末での処理負荷が大きいという問題がある。また、提案手法と同様に端末の RSSI(電波強度)を用いて位置を特定する方法 [2] が紹介されているが、位置特定精度は高くない。

本稿では、観測エリアにアクセスポイントを配置するだけで、携帯端末の位置を特定する方法を記載する。

### 3 システム構成

図 1 のように携帯端末(以下、端末)とアクセスポイント(AP)とサーバを用いて、端末の位置を特定する。端末は、隣接する端末の RSSI から端末間距離情報を取得し、隣接する端末へ距離情報と端末情報を送信する。距離情報を受信した端末は、別の隣接端末との距離を測定し、受信した距離情報に測定した距離情報を追加して、別の隣接端末に距離情報を送信する。AP と通信可能な端末は、さらに AP までの距離を測定し、AP に距離情報を送信する(図 2)。このように、端末間距離を端末を介して送信していくことで、端末間距離は AP を通じて、サーバに送信される。サーバは、端末間距離情報を用いて、端末の位置を特定する。

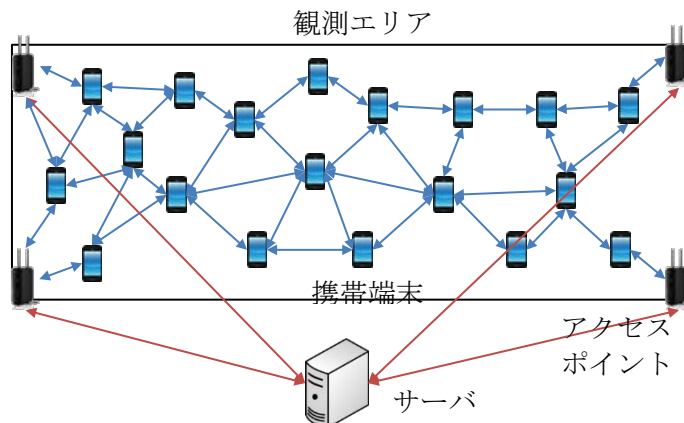


図 1 システム(物理)構成

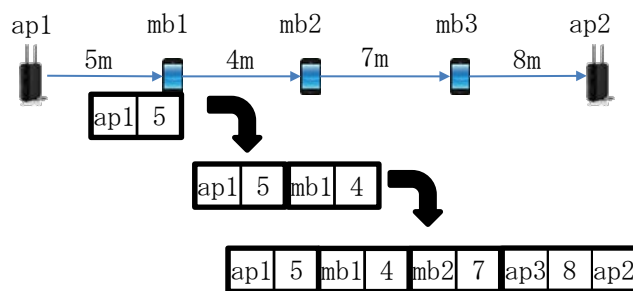


図 2 距離情報伝搬

### 4 端末位置特定方法

サーバは、端末間距離情報を受け取ると、各端末の位置を特定する。端末位置特定までの手順は以下のとおりである。

- ① 端末間距離情報を距離 DB に格納する
- ② 距離 DB から、各端末の各 AP までの最短経路を特定する。
- ③ 最短経路を用いて、AP から端末までの距離を導出する。
- ④ AP から端末までの距離を用いて、端末の位置を特定する。

#### 4.1 距離 DB

距離 DB は、端末間の距離情報を集約した DB である。距離 DB の例を表 1 に示す。

表 1 距離 DB 例

通信元端末	通信先端末	距離(m)
ap1	mb1	5
mb1	mb2	4

Indoor Positioning System by the Distance between Mobile Terminals  
 Mitsuhiro Matsumoto<sup>†</sup>, Hiroaki Shiraki<sup>†</sup>, Fumio Omatsu<sup>†</sup>  
<sup>†</sup>Information Technology R&D Center, Mitsubishi Electric Corporation.

### 4.2 最短経路

各端末からアクセスポイントまでの最短経路を求める。最短経路は、ダイクストラ法やベルマンフォード法等によって導出できる(図3)。

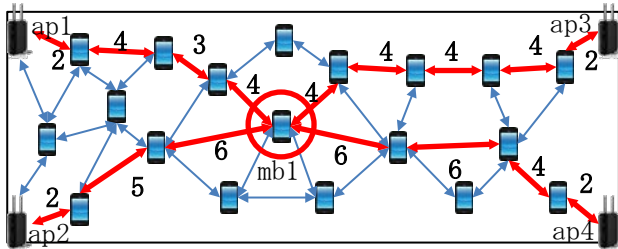


図3 丸印の端末(mb1)から各アクセスポイントまでの最短経路

### 4.3 端末-AP 距離

図3の丸印の端末 mb1 から AP までの距離は、最短経路上の端末間距離によって近似する。mb1 から各 AP までの距離を表2に示す。

表2 mb1 から各 AP までの距離

ap1	ap2	ap3	ap4
13	13	18	18

### 4.4 位置特定

端末と AP までの距離を用いて、端末の位置を特定する。図4のように、観測エリアの4辺に対して三辺測量を行い、導出した4点(mb1\_1, mb1\_2, mb1\_3, mb1\_4)を AP までの距離の逆数に応じて重み付けを行い、4点の加重平均を端末の位置とする。

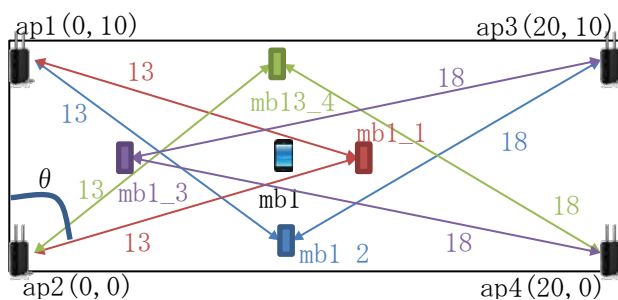


図4 位置特定方法

mb1\_1 は以下のように求められる。

$$mb1\_1 = (13 \cos \theta, 13 \sin \theta) = (12, 5)$$

また、mb1 の位置は以下の式で求められる。

$$mb1 = \frac{\frac{mb1\_1}{13+13} + \frac{mb1\_2}{13+18} + \frac{mb1\_3}{18+18} + \frac{mb1\_4}{13+18}}{\frac{1}{13+13} + \frac{1}{13+18} + \frac{1}{18+18} + \frac{1}{13+18}}$$

### 5 評価

シミュレータを用いて提案方法の評価を行った。図5に示すように、観測エリア(縦300m, 横600m)に175個の端末が存在することを想定し、

全ての端末の位置を特定した。端末間の平均距離は約30mで、端末の通信可能距離を50mとした。図5の黒丸が実際の端末の位置。白三角が提案方法により特定した端末の位置を示している。

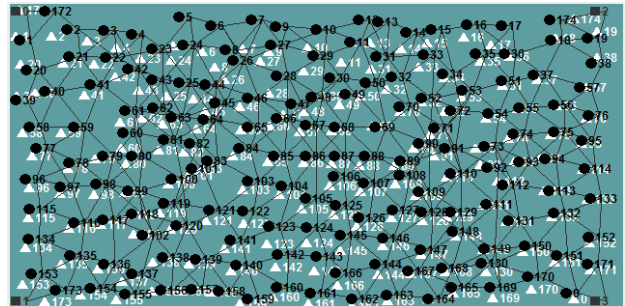


図5 提案方式による位置特定結果

位置特定精度を表3に示す。

表3 位置特定精度

誤差平均	最大誤差	標準偏差	識別精度
10.9m	31.3m	6.0	87.4%

表3の識別精度は、本来の位置に最も近い位置に特定された端末の割合を示しており、多くの端末が精度高く位置特定できていることが分かる。

比較のため、R言語で多次元尺度法(MDS)による位置特定を実施した。MDSには初期位置が必要なため、ランダムに配置を行った(図6)。

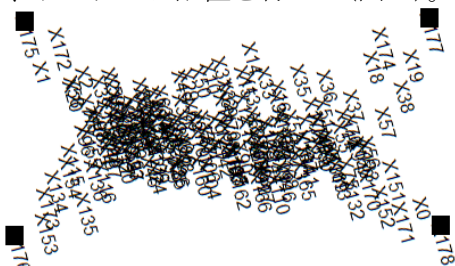


図6 MDSによる位置特定結果

図6より、提案方法の位置特定精度がMDSより高いことが分かる。

### 6 まとめ

端末間距離情報を用いて位置特定を行う方法を提案し、シミュレータにより、高い精度で位置を特定できることを示すことができた。

#### 参考文献

1. 安齋恵一、岡島匠吾、坪川宏. スマートフォンを用いた屋内位置の推定と歩行ナビゲーションシステム. : DICOM2011, 2011.
2. 辻野友孝、中村正人、大園忠親、新谷虎松. 学習に基づく位置座標推定システムとその応用. : 第23回人工知能学会全国大会, 2009.