

移動体の電波強度を利用した歩行者の位置推定精度向上手法

西牧佑哉[†] 森田健太郎[‡] 佐藤健哉[‡]

[†] 同志社大学工学部情報システムデザイン学科

[‡] 同志社大学大学院理工学研究科情報工学専攻

1 はじめに

近年、スマートフォンやタブレット端末の普及率の増加に伴い、これらの機器をナビゲーションの為に利用する機会が増加した。現在、屋外で歩行者の位置情報を取得する手法として GPS(Global Positioning System) が最もよく利用されており、位置推定誤差は数 m から数十 m である。しかし、周囲に高層ビルが立ち並ぶ都市部では、GPS 信号が建物による遮断やマルチパスの影響を受け、位置推定誤差がさらに増大するという問題がある。

また、近年は周辺車両同士が無線通信によって位置情報や速度情報を共有する車車間通信や、車両と歩行者が無線通信によって位置情報などをやりとりする歩車間通信など、ITS(Intelligent Transport Systems) の研究が行われている。

そこで本稿では、ビーコン及び車両の電波強度を利用することで屋外における歩行者の位置推定精度を向上させる手法を提案する。

2 提案手法

2.1 概要

本稿は、GPS の精度が低下する都市部で、屋外の歩行者の位置推定精度を向上させることを目的とする。提案手法では、図 1 に示すように、道路脇に設置したビーコン及び車両の電波強度を利用して歩行者の位置を推定する。ビーコン及び車両の電波はマルチパスによるフェージングの影響を受けて変動することで、位置推定精度が低下してしまうため、何らかの手法でこの影響を小さくする必要がある。提案手法では、電波強度の変動を低減するためにカルマンフィルタを適用する。また、電波強度から歩車間の距離を算出する際に使用する伝搬損失指数を車車間通信を用いて算出することで周囲の電波伝搬環境に動的に対応する手法を提案する。

A Method for Improving The Position Estimation Accuracy of A Pedestrian Using The Radio Field Strength of A Moving Vehicle

Yuya Nishimaki[†], Kentaro Morita[†] and Kenya Sato[†]

[†]Doshisha University

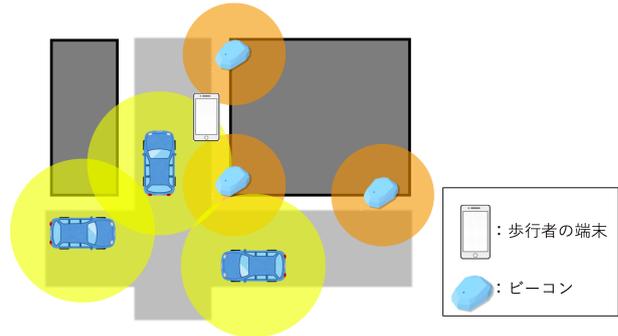


図 1: 提案手法の概要

2.2 前提条件

車両は、周囲に自身の車両情報を定期的送信しており、車両の位置情報は全て正確であるものとする。また、歩行者の端末は 700 MHz 帯の電波を受信できるものとする。

2.3 カルマンフィルタ

電波強度の変動要因の中でも、主にフェージングの影響を低減するためにカルマンフィルタを用いる。ビーコン及び車両から歩行者が受信した電波強度にカルマンフィルタを適用する。以下の式を用いてフィルタリングを行う。

$$\hat{x}^-(k) = \hat{x}(k-1) + \hat{u}(k) \quad (1)$$

$$\hat{P}^-(k) = \hat{P}(k-1) + Q \quad (2)$$

$$g(k) = \frac{\hat{P}^-(k)}{\hat{P}^-(k) + R} \quad (3)$$

$$\hat{x}(k) = \hat{x}^-(k) + g(k)(y(k) - \hat{x}^-(k)) \quad (4)$$

$$\hat{P}(k) = (1 - g(k))\hat{P}^-(k) \quad (5)$$

ここで、 $\hat{x}^-(k)$ は事前推定値、 $\hat{x}(k)$ は事後推定値、 $P^-(k)$ は事前誤差分散、 $P(k)$ は事後誤差分散、 $y(k)$ は観測値、 $g(k)$ はカルマンゲイン、 Q はシステム雑音、 R は観測雑音を表す。

2.4 動的な伝搬損失指数の算出

電波強度の減衰モデルは一般的に次のように表される。

$$P(d) = A - 10n \log_{10} d \quad (6)$$

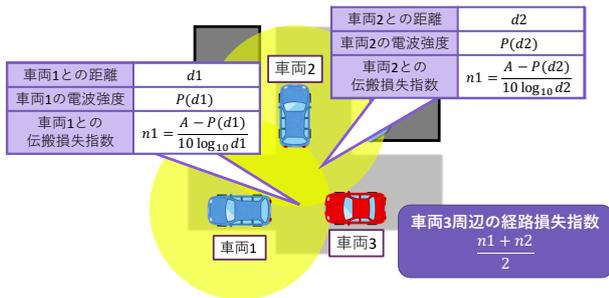


図 2: 動的な伝搬損失指数の算出例

ここで $P(d)$ は、送信元から距離が d (m) の位置における電波強度、 A は送信元から 1 m の位置における電波強度、 n は伝搬損失指数を表す。伝搬損失指数は、自由空間では $n = 2$ となるが、実際には周囲の電波伝搬環境によって変化するため、この値は動的に設定されるべきである。提案手法では、車車間通信を用いて動的に伝搬損失指数を算出する。(6) 式を (7) 式に変形することで、車両間の伝搬損失指数を求めることができる。

$$n = \frac{A - P(d)}{10 \log_{10} d} \quad (7)$$

以下に動的に車両周辺の伝搬損失指数を算出する手順を述べ、図 2 に伝搬損失指数算出の例を示す。

1. 車両は、周辺車両からのパケットを受信した時、送信元の位置情報と自身の位置情報を用いて、送信元との距離を求める。
2. 車両は、(7) 式から送信元との伝搬損失指数を求め、送信元の車両情報と共に車載情報管理テーブルに格納する。
3. 車両は、送信時に、車載情報管理テーブルにある過去 500 ms 以内のデータから伝搬損失指数の平均値を算出し、自車両周辺の伝搬損失指数とする。

2.5 位置推定アルゴリズム

位置推定アルゴリズムとして、以下に示す WCL (Weighted Centroid Localization) を用いて、歩行者の位置を推定する。

$$x_w = \frac{\sum_{i=1}^m x_i w_i}{\sum_{i=1}^m w_i} \quad (8)$$

$$y_w = \frac{\sum_{i=1}^m y_i w_i}{\sum_{i=1}^m w_i} \quad (9)$$

$$w_i = \frac{1}{d_i^g} \quad (10)$$

$$d_i = 10^{\frac{A - P_i}{10n}} \quad (11)$$

ここで、 (x_w, y_w) は歩行者の推定位置、 (x_i, y_i) は i 番目のノードの位置、 w_i は各ノードとの距離 d_i によ

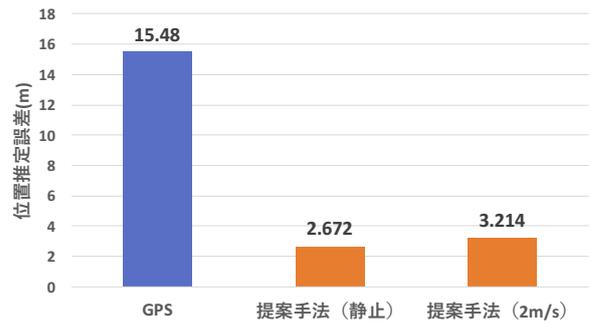


図 3: 評価結果

る重み、 g は重みの程度を表す。 g の値は実験から位置推定誤差が最小となるように 1.5 とした。ビーコンは歩行者の近くに存在し、電波強度の誤差も小さい為、ビーコンとの距離を求める際には $n = 2.0$ とした。車両との距離を求める際には 2.4 節の動的な伝搬損失指数を利用する。

3 評価と考察

Space Time Engineering 社の Scenargie2.1 というシミュレータで評価を行なった [2]。ビーコン間隔は 10 m、車両速度は 15 m/s ~ 20 m/s、フェージングモデルは rayleigh とし、歩行者の位置を推定した。GPS、歩行者が静止している場合、歩行者が 2m/s で移動する場合の位置推定誤差を図 3 に示す。GPS の位置推定誤差は、[1] から 15.83 m として比較した。

図 3 を見ると、提案手法によって位置推定誤差が大幅に改善されたことがわかる。また、都市部においては車両が常に周囲に存在すると想定した場合、提案手法では GPS より安定した位置推定が可能である。

4 まとめ

本稿は、歩行者の位置推定精度を向上させることを目的として、ビーコン及び車両の電波強度を利用して歩行者の位置推定を行う手法を提案し、評価を行なった。評価結果から提案手法は、GPS より精度が良い位置推定を行うことが可能であり、提案手法の有用性を示すことができた。

参考文献

- [1] 小河原亮, 羽多野裕之, 藤井雅弘, 伊藤篤, 渡辺裕, GPS 測位情報とセンサ情報に基づく位置推定システムに関する研究, 情報処理学会論文誌, Vol.56, No.1, pp.2-12, 2015.
- [2] SPACE-TIME Engineering, Scenargie ; <https://www.spacetime-eng.com/jp/products>