

RTOF を用いた自己組織化ノード位置推定方式の 高精度化に関する考察

森 流星[†] 滝沢 泰久[†] 北之馬 貴正[‡] 新居 英志[‡]
 関西大学環境都市工学部[†] 関西大学大学院理工学研究科[‡]

1 はじめに

近年、屋内空間での人の活動状況やモノの利用状況を把握する試みにおいて、スマートデバイスの位置情報は非常に重要である。このため、多様な屋内位置推定方式が提案されており、その代表例として電波を用いる iBeacon[1] や Indoor Messaging System (IMES) [2], 各種センサを用いるフィンガープリンティングがある。前者は環境内に多数の定点ビーコンを必要とし、後者は事前にセンサ取得情報に応じた環境の物理情報マップの作成が必要である。すなわち、いずれにおいても、位置推定のための十分な設備を必要とし、その精度は数 m オーダーである。現在の屋内位置の利用は「見える化」が主流であるが、将来は「制御」に屋内測位を用いることが考えられる。例えば、建設現場における i-Constrecution や小売現場におけるリアルタイム促販などがあげられる。これらの「制御」に用いられる位置情報の要求精度は数 10cm-数 cm オーダーと言われている。また前述の建設現場や小売現場は日々環境が変動し、さらに建設現場では十分なインフラ設備を用意することが困難である。すなわち、上記のような環境で要求精度を満たす屋内位置推定方式は現存しない。

北之馬らは、屋内の集約型自己組織化スマートデバイス位置推定方式 SmartFinder [3] を提案している。SmartFinder は、スマートデバイス間の隣接情報を用いて定点 3 点のみで、多数のスマートデバイスの位置を取得する自律型屋内測位技術で、測位設備の依存性が極めて低い。SmartFinder は、スマートデバイス間の通信を BLE とした場合、その位置推定精度は 2m 程度である。本稿では SmartFinder へ RTOF デバイスを適用することにより定点 3 点のみで「制御」における要求精度の実現可能性をシミュレーション評価から考察する。

2 SmartFinder

2. 1 システム構成

SmartFinder はスマートデバイスモジュールとサーバモジュールで構成される(図 1)。スマートデバイスでは BLE を用いて隣接ノード情報を取得し、それを WiFi/LTE によりサーバモジュールへ転送する。サーバモジュールは全てのスマートデバイスの隣接ノード情報を集約し、仮想メッシュネットワークを構成する。この仮想メッシュネットワークに、SOL (Self-Organizing-Localization) アルゴリズムを適用して、スマートデバイスの位置を推定する。このシーケンスを周期的に繰り返す、継続的にスマートデバイスの位置を推定する。



図 1 : SmartFinder のシステム構成

2. 2 SOL アルゴリズム

SOL アルゴリズムは自己組織化マップを応用し、全くランダムなネットワークのジオメトリから近傍ノード間とのホップ数に基づき位置修正を繰り返すことでオリジナルジオメトリを再現する。また、位置修正の繰り返しによる推定位置はネットワーク内に置ける相対位置である。この相対位置をアンカノードの真位置と推定位置を用いて絶対位置へ変換しジオメトリの絶対位置を得る。

3 SmartFinder への RTOF デバイス適用

3. 1 RTOF デバイス

RTOF (Round Trip Of Flight) デバイスは無線ノード間の通信往復時間によりノード間距離を測定する。SmartFinder へ適用する RTOF デバイスは日本 GIT 社 [4] の IR-UWB デバイスを想定する。本デバイスは 7.25-10.25GHz の周波数帯において次のように測距する。

1. 相互のブロードキャスト通信で隣接ノード情報を取得。
2. 上記隣接ノードへユニキャスト送信。
3. ユニキャスト受信ノードは一定時間後にユ

Study on High Precising for Self-Organizing Localization using RTOF

[†]Ryusei Mori and Yasuhisa Takizawa
 Faculty of Environmental and Urban Engineering, Kansai University

[‡]Takamasa Kitanouma and Eiji Nii
 Graduate School of Engineering, Kansai University

- ニキャストで返信.
- 4. 返信受信ノードで通信往復時間により距離を算出.



図2：IR-UWB デバイス

3. 2 RTOF を用いた位置推定

SmartFinder では、BLE を用いた場合、ノード間距離をホップ数としているが、RTOF デバイスを用いる場合には、3.1 節で得られる計測距離をノード間距離として用いる。RTOF による計測距離はホップ数より距離解像度が高いことから、SmartFinder の高精度化が期待できる。

4 シミュレーション評価

IR-UWB デバイスによるノード間距離の利用の有用性を示すために、BLE によるノード間ホップ数を利用する方式との比較をシミュレーションで実施する。

4. 1 IR-UWB デバイスの測距精度の事前計測

IR-UWB デバイスの測距精度の事前計測評価は次の通りです。

- ・ 測距データは真距離のプラス側に正規分布し真距離以下の値を取らない。
- ・ 正規分布の中央値は真距離から 50-300mm 程度プラスした値になる。
- ・ 正規分布の分散は平均 35mm である。
- ・ 測距可能な最大距離は 15m である。

上記の精度に基づき SmartFinder のシミュレーションを行うことにする。

4. 2 評価方法

推定位置精度は、各ノードの推定位置と真位置のユークリッド距離の平均である位置推定誤差 ERR_{ave} を用いる。 ERR_{ave} は次の式 (1) のように求める。 W_i はノード i の真位置、 w_i はノード i の推定位置を表す。

$$ERR_{ave} = \frac{1}{|N|} \sum_{i=1}^N |W_i - w_i| \quad (1)$$

4. 3 シミュレーション諸元

- ・ フィールドに配置するノード数 350, 400, 450, 500, 550
- ・ フィールドの大きさ 100m×100m
- ・ ノード数に対する移動体の割合 0.5
- ・ 移動体の移動速度 3.6km/h

- ・ アンカノード数 3点
- ・ カバレッジ IR-UWB 15m , BLE 20m

4. 4 シミュレーション結果

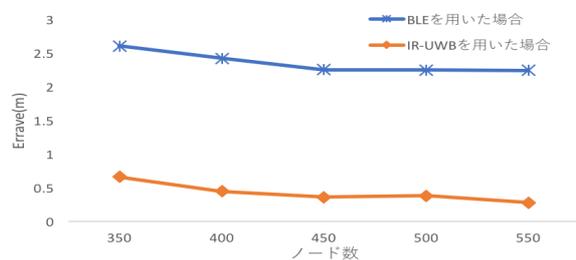


図3：ノード数と平均誤差の関係

図3が示すように、BLE を用いた方式では精度が平均約 2.3m、IR-UWB を用いた方式が 0.42m となり後者が高精度である。しかし IR-UWB を用いた方式では 0.42m で cm オーダーの精度を満たしていない。RTOF の測距データの傾向が、真値のプラス側に正規分布し真値以下の値を取らないことを考えると、繰り返し計測を行なった場合最も小さい値が真距離に最も近い値と考えることができる。従って「制御」の要求精度を満たすための SmartFinder の更なる高精度化として次のような方式が考えられる。

- ・ 静止ノードは、静止ノード間同士で、静止期間内で最小となる距離を採用し位置推定する。
- ・ 移動ノードは高精度な位置推定をもつ静止ノードとの距離から位置推定をする。

5 まとめ

本論では、SmartFinder の高精度化を図るために IR-UWB デバイスの適用を行なった。BLE を用いた方式と IR-UWB を用いた方式の比較評価により IR-UWB を用いる手法が高精度であるが cm オーダーの位置精度の実現には至らない。RTOF の測距データの傾向などを踏まえ、高精度化の検討を行うことが必要だと考えられる。

参考文献

[1] Nic, N.: "Apple iBeacon technology brief." Journal of Direct, Data and Digital Marketing Practice 15.3, pp. 222-225 (2014).
 [2] 石井真, 小暮聡, 神武直彦, 海老沼拓史: IMES (Indoor Messaging System) の原理と課題及びその解決について, GPS/GNSS Symposium 2009 テキスト, pp. 120-125 (2009).
 [3] 北之馬貴正, 新居英志, 安達直也, 滝沢泰久: SmartFinder: 大規模屋内施設における集約型自己組織化スマートデバイス位置推定方式とその評価, 情報処理学会論文誌, Vol. 59, No. 2, pp. 1-11, (2018)
 [4] <http://www.git-inc.com/index.html>