

屋内位置情報システムの基準点設定自動化に関する検討

竹中友哉[†] 峰野博史[†] 徳永雄一[‡] 宮内直人[‡] 水野忠則[†]

[†] 静岡大学情報学部 [‡] 三菱電機株式会社

1 はじめに

センシングデバイスを利用したIPS(Indoor Positioning System)では物や人の位置を特定するために、あらかじめ基準点に実空間に基づいた位置情報を設定する必要がある。また、このとき設定する位置情報の精度はIPSが提供するサービスの品質に直接影響するため、ユーザは高精度な位置情報の設定が必要である。センシングデバイスを利用したIPSの普及のためには、このような測位システムを導入する際のインフラ構築にかかるユーザの労力の軽減が課題となる[1]。本稿では、実空間にマッピング可能な位置に基準点を2点設置することで、ユーザが低労力で基準点の位置情報を自動設定可能な方法について検討する。

2 基準点の設定方法

従来、基準点の設定には実空間に基づいた位置情報をユーザが手動で設定する必要があった。ここで設定する位置情報とは、2次元平面でいうところの位置座標である。IPSは基準点がどこに位置しているかをシステム上で把握するため仮想空間を持つ。この仮想空間に基準点をマッピングするために、ユーザは部屋の原点となる点から基準点までの距離を直接計測し、仮想空間に基準点をマッピングしなければならない。

本稿では、基準点を実空間にマッピング可能な位置に設置し、システム上の仮想空間が実空間に基づいた点を参照できるようにすることで、基準点の実空間へのマッピングを自動で行う方法を提案する。本方式では、実空間を示すために、部屋の原点と輪郭を示す位置の計2点に基準点を設置する。図1に基準点の設置例を示す。ユーザは図1(a)のように、実空間にマッピング可能な2点を含む基準点A, B, Cを平面状に設置する。このとき実環境の障害が許す範囲でDOP(Dilution of Precision)[2]を考慮して、3点の基準点が描く三角

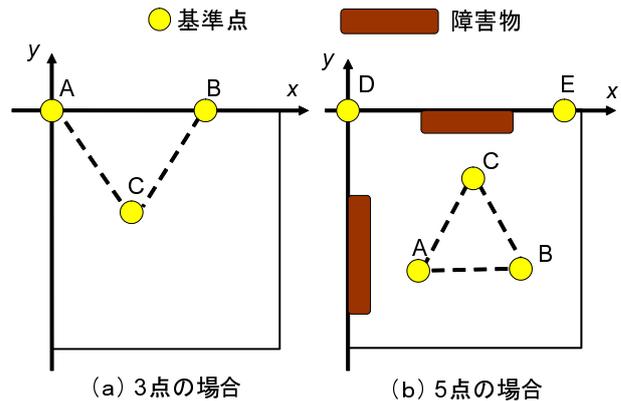


図 1: 基準点の設置例

形の面積が最大となるように設置する。また、基準点の相対位置関係を正確に測位するため、基準点同士は見通しの良い位置に設置する。もし見通しが得られないときは、図1(b)のように基準点A, B, Cを設置し、実空間にマッピング可能な位置に基準点D, Eを設置する。次に基準点A, B, Cが互いに測位を行い、基準点の相対位置関係が求めれば(図1の点線)、実空間にマッピング可能な基準点D, Eを測位することで全ての基準点を実空間へマッピング可能である。ここでいう測位とは対象物までの距離を三辺測量などで特定することを意味する。

図1(a)では、相対位置関係に実空間にマッピング可能な2点が含まれているため、基準点Cが基準点A, Bに対して、どちら側にあるかを指定することで、全ての基準点を実空間にマッピング可能である。図1(b)のように基準点を増設した場合、基準点A, B, Cの相対位置関係は実空間へ直接マッピングできないが、基準点D, Eを測位することで、相対位置関係を実空間へマッピング可能になり、全ての基準点を実空間へマッピング可能となる。

全ての基準点の実空間へのマッピングが終了すれば、実際にIPSで対象物を測位する際に、DOPを最小にする基準点のみを残して、その他の基準点は取り外すことが可能である。取り外した基準点は別の場所での基準点設定に流用可能である。

A study on automatic calibration of control point for indoor positioning system

Tomoya TAKENAKA[†], Hiroshi MINENO[†], Yuichi TOKUNAGA[‡], Naoto MIYAUCHI[‡], Tadanori MIZUNO[†]

[†]Faculty of Information, Shizuoka University

[‡]Mitsubishi Electric Corporation

3 基準点の位置情報の解決方法

3.1 相対位置関係の算出

図 1(b) を例に基準点の位置情報の解決方法を説明する。ユーザは基準点 A, B, C, D, E を平面状に設置する。まず、基準点 A の座標を原点 (0, 0) と仮定する。次に基準点 A は基準点 B へ測位を行う。このとき、得られた距離 r_{AB} は基準点 A の半径 r_{AB} 上に B が存在することを示す。ここでは相対位置関係が算出できればよいので、半径上の任意の点 $(x_B, 0)$ を基準点 B の座標とする。次に基準点 A, B は順番に基準点 C (x_C, y_C) へ測位を行う。その結果、得られた距離 r_{AC}, r_{BC} について、以下の連立方程式 (1)(2) を解く。その結果、基準点 C の座標が求まり、基準点 A, B, C の相対位置関係を描画することができる。

$$r_{AC} = \sqrt{x_C^2 + y_C^2} \quad (1)$$

$$r_{BC} = \sqrt{(x_C - x_B)^2 + y_C^2} \quad (2)$$

3.2 三辺測量による測位

次に相対位置関係を実空間へマッピングするために、基準点 A, B, C は三辺測量で基準点 D, E へ順番に測位を行う。測位対象となる基準点の座標を $D(x_d, y_d)$ とし、測位を行う基準点 A, B, C の座標を $i(x_i, y_i) (i=1, 2, 3)$ とする。また、基準点 i から基準点 D までの距離を r_i とし、測位により発生する誤差を s とすると、以下の連立方程式 (3) が成り立つ。これを i について解くと、基準点 D の座標が算出できる。同様に基準点 E (x_e, y_e) も座標を算出できる。

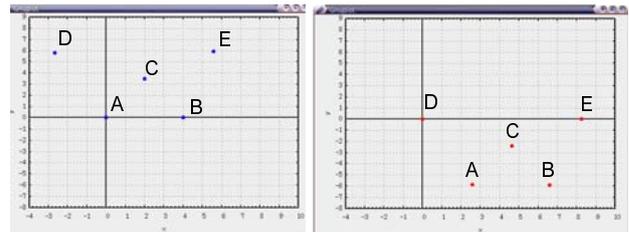
$$r_i = \sqrt{(x_i - x_d)^2 + (y_i - y_d)^2} + s \quad (3)$$

3.3 実空間へのマッピング

ここまでで図 2(a) に示される基準点 A を原点とした全ての基準点の相対位置関係が描画できる。この相対位置関係を実空間へマッピングするために、相対位置関係で得られた位置座標を実空間に基づいた位置座標に移動させる。つまり、相対位置関係の原点を部屋の原点を示す基準点に平行移動させ、さらに部屋の輪郭を示す基準点を座標軸に平行移動させる。ここでは平行移動のために複素数平面を利用し、基準点 $i (i=1, 2, 3, 4, 5)$ について、以下の式 (4) を適用する。 θ は部屋の輪郭に設置された基準点 E とそれに最も近い基準点 C との偏角である。

$$z_i = (i - A)(\cos(-\theta) + i\sin(-\theta)) \quad (4)$$

得られた座標 z_i が実空間に基づいた基準点の位置座標である。以上で、各基準点に実空間に基づいた位置



(a) 相対位置関係

(b) 図1(b)の位置座標

図 2: アプリケーション

座標のマッピングが行われたことになる (図 2(b))。最終的に得られた図 2(b) は実際の設置例である図 1(b) と同様であることから、本方式で基準点へ適切に位置情報が解決できたことがわかる。

4 測位方法の検討

基準点間の距離を測位する方法として、受信電界強度を利用した RSSI (Received Signal Strength Indicator)、伝播信号の滞空時間を利用した ToA (Time of Arrival)、受信信号の角度差を利用した AoA (Angle of Arrival)、受信信号の到達時刻差を利用した TDoA (Time Difference of Arrival) などが挙げられる。測位精度とコストはトレードオフの関係にあり、IPS が要求する精度とコストのバランスを保つ必要があるが、基準点に設定される位置情報の精度は IPS が提供するサービスの品質に直接影響するため、基準点間の測位は高精度に行われることが望ましい。そのため、精度として数 cm ~ 数 10cm が得られる TDoA を利用して測位を行うことを検討している。

5 まとめと今後の課題

本稿では、実空間にマッピング可能な位置に基準点を 2 点設置することで、ユーザが低労力で基準点の位置情報を自動設定可能な方法について検討した。実際に本方式を実装したアプリケーションを開発し、提案方法の動作確認をした。測位方式には、基準点に設定される位置情報の精度は IPS が提供するサービスに大きく影響するため、高精度に測位可能な TDoA の実装を検討する。今後、測位方式を実装した基準点で、ユーザが低労力で基準点の設定を行えることを実証する。

参考文献

- [1] 峰野, 山田, 水野, “簡易型屋内位置情報システムのための位置検出環境構築方法の提案”, DI-COMO2004, pp.205-208, 2004.
- [2] 坂井丈泰, GPS 技術入門, 東京電機大学出版局.