

2次元マーカを用いた屋内ユーザー位置・方向推定システムの 検証

服部 聖彦, 藤井 哲也, 門 洋一, 張 兵

情報通信研究機構 知識創成コミュニケーション研究センター ユニバーサルシティグループ

〒619-0289 京都府相楽郡精華町光台3-5

E-mail: {hattori, tfujii, kado, zhang}@nict.go.jp

概要 GPSを用いた位置推定システムはその利便性から様々な分野に応用されている一方、人工衛星からの電波を使用するため、地下街やビル等の屋内では使用出来ないという大きな課題がある。この課題に対処するために、無線LANやRFID等を使用した屋内位置推定システムが複数提案されているが、ユーザー端末に特殊な装置が必要であり、さらには環境側にも位置推定用の電波発信装置等が必要となるため、普及を考える上で大きな障害となる。本研究では既存の携帯電話と位置推定用の2次元マーカを用いた屋内ユーザー位置・方向推定システムを提案する。提案システムはマーカ撮影用カメラ付き携帯電話、位置推定用サーバ、位置情報を内包した2次元マーカからなり、(1)携帯電話背面のカメラが床面を自動撮影、(2)撮影画像をサーバに送信、(3)マーカのデコード、位置推定、ナビゲーション情報の返信、(4)携帯電話上でのナビゲーション情報提示という4つの大きな流れで処理を行う。

Verification of the indoor user position and direction presumption system by using the two dimensional marker.

Kiyohiko Hattori, Tetsuya Fujii, Youiti Kado, and Bing Zhang

National Institute of Information and Communications Technology (NICT)

Knowledge Creating Commun. Research Center Universal City Group

3-5 Hikoridai, Seika-cho, Soraku-gun, Kyoto 619-0289, JAPAN

E-mail: {hattori, tfujii, kado, zhang}@nict.go.jp

Abstract A position estimation system, which uses a global positioning system (GPS) is applied for various fields such as navigation, etc. However, the GPS has a disadvantage in which it cannot be used mainly for indoor environments, like underground shopping mall, building, etc. This is because the electromagnetic wave could not reach the indoor space. To address this problem, many indoor position estimation systems that use wireless LAN or RFID are proposed. However, additional functionalities are needed for those wireless devices to perform position estimation. Furthermore, it is an obstacle to setup those devices when the coverage of estimation is large. Therefore, we in this paper propose the user position as well as the user direction estimation system by using a two-dimensional marker and a mobile phone with pre-equipped a digital camera. In our system, the camera of mobile phone takes a picture that contains a marker, and then the marker is sent to a server for estimating the position and direction of a user. The advantage of this system is simple to be implemented and low-cost deployment.

1 はじめに

近年、GPS を利用した位置推定システムが広く普及し、カーナビゲーションシステムを始め携帯電話、PDA、PND(Personal Navigation Device)等の様々な商品に応用されている。GPS は小型のパッチアンテナ等を使用して衛星の電波を受信・測位が可能のため、地球上における GPS 衛星の電波を受信出来る場所ではどこでも測位が出来るという利点がある反面、衛星の電波が届かない地下街やビル、ショッピングモールに代表される地下、屋内では使用出来ないという大きな課題がある。特に国内においては、近年の都市再開発や巨大ショッピングモールの出現により、広大な屋内スペースが出来つつあり、屋内において現実的に使用可能な位置推定システムが必要と考えられる。この課題に対処するため、無線電波を利用したシステム[1,2,3,4]が複数提案されている。代表的なものとして以下の3つの手法がある。(1)無線 LAN の電波強度を利用した手法[1,2]、(2)無線 LAN の電波到来時間遅延を利用した手法[3]、(3)RFID を利用した手法[4]である。これらのシステムでは、位置推定システムを利用するユーザーの端末側に特殊な装置を必要とし、さらには環境側にも無線 LAN の基地局や RFID の発信器を多数必要とするため、普及を考える上で大きな課題となっている。この問題を解決するために、本研究では既存のカメラ付き携帯電話と位置推定用の2次元マーカを用いた画像処理に基づく新たな位置・方向推定システムを提案する。

以下、2章において屋内における位置・方向推定に関する従来手法を紹介し、その課題を明らかにした後、3章で提案手法の詳細を説明す

る。最後に4章で本研究をまとめる。

2 従来技術とその課題

従来の屋内位置推定手法とし先に述べた3つの手法の利点と課題を説明する。

(1) 無線 LAN の電波強度を利用した手法 [1,2]

この手法では、あらかじめ位置が明らかな複数の無線 LAN 基地局からの電波強度を元に端末位置の推定を行う。この手法において十分な位置精度を得るためには、電波強度の学習を測定位置毎に前もって行っておく必要がある。また、環境側に位置推定精度に比例して必要十分な数の無線 LAN 基地局が配置されている必要がある。加えて、位置推定空間内で人や物などが動く状況やアンテナの指向性などにも関連して電波強度が変化するため、サンプルデータとのマッチングを行う際にも、人や物が存在する位置関係やアンテナの方向がサンプルデータを取得した際と、リアルタイムにベクトルデータを取得したときとで、相当に類似した状況でなければ精度が落ちてしまうという課題がある。また、一旦学習した後に、無線 LAN 基地局が移動した場合には、再度それらの補正を行う必要がある。

(2) 無線 LAN の電波到来時間遅延を利用した手法[3]

この手法では、複数の基地局から発信される電波の到来時間の差を元に位置推定を行う。この手法を屋内環境で利用する場合、壁や天井からの反射等による直接波以外の電波により発生するマルチパスの影響を取り除く工夫が必要となる。加えて、先に述べたのと同様に環境側に位置推定精度に比例して必要十分な数の

無線 LAN 基地局が配置される必要があるため、環境側に対し多大な設備投資が必要となる。同時にユーザー端末に対しても十分な時間分解能を持った無線 LAN のクライアント機能も必要になる。

(3) RFID を利用した手法[4]

RFID を利用して位置推定を行う場合、測位空間に多数の能動型 RFID を配置し、各 RFID が発信する位置情報を受信・平滑化する事により位置推定を行う。RFID は無線 LAN よりも電波強度が低いため、高精度位置推定を行うには、多量の RFID を空間に設置する必要がある。加えてユーザー端末にも RFID リーダーを備える必要がある。

これらの屋内位置推定手法の応用例として、屋内におけるユーザー位置を利用したナビゲーション情報の提示や、場所依存情報の提示などが考えられるが、その場合ユーザーの向きや進行方法が非常に重要になる。特に災害における避難誘導等を考えた場合、ユーザー向きを利用した相対的な避難指示が非常に効果的であると考えられる。しかしながら、先に述べた 3 つの手法は、端末の位置のみを推定する方法のため、ユーザー端末の向きや進行方向を測定するには、何らかの別の方法に頼る必要がある。方位を測定する方法としては一般的に、ジャイロコンパスもしくは磁気コンパスを用いた方法や移動軌跡を利用した手法がある。ジャイロコンパスは、機器が高価でかつ静止時間が長いという課題がある。一方、磁気コンパスでは、磁性体や金属などの影響を受けるため、指北精度が低いという課題がある。また、移動軌跡を利用した手法では瞬時の向き反転を検知出来ないという課題がある。

これらの課題に対し、提案手法では任意の一つのマーカを撮影・認識する事によりユーザーの位置と端末方向の両方を同時に推定する事が可能なシステムである。

3 マーカーベース位置・方向推定システム

本システムは広く普及している携帯電話に内蔵されているカメラ機能を利用し、ユーザーの位置推定を行いたい屋内環境の床面に予め 2 次元マーカを配置、そのマーカ画像をカメラで撮影、撮影された画像の上での画像の傾きと、2 次元マーカに内包される 2 次元バーコードに含まれる座標情報から、ユーザーの位置推定を行う。図 1 にシステムの利用形態例を示す。本システムは背面にカメラを保持するユーザー端末、位置推定サーバ、位置情報を内包する 2 次元マーカ群の 3 つから構成される。図 1 で示す利用形態例では、サービスを受けたいユーザーが情報端末の画面を見ながら情報を受け取ることを前提とする。ユーザーは画面を見ているため、情報端末の背面にあるカメラは常に大まかに床面に対してレンズを向ける事になる。そこで、端末のプログラムが自動的に一定間隔で写真を撮影し、位置推定サーバに画像を送信する。位置推定サーバは受け取った画像を処理することにより、2 次元マーカの検索、傾き補正、2 次元バーコードのデコードを行った結果、マーカ絶対位置およびマーカとユーザーの相対的な位置関係が分かる。結果として空間内でのユーザーの位置とカメラ方向が明らかになる。その後、位置推定サーバは位置と方向に依存した情報コンテンツをユーザー端末に返送する。

本システムではユーザー側の端末には GPS

電波の受信機能が不要であるため、GPS 電波の届かない環境や届きづらい環境においても、安定して位置推定することが出来る。同様にユーザー側の端末には、コンパス(磁石)等が不要となるため、コンパスが狂ってしまうような屋内環境においても、安定してユーザー端末の方向を知ることが出来る。

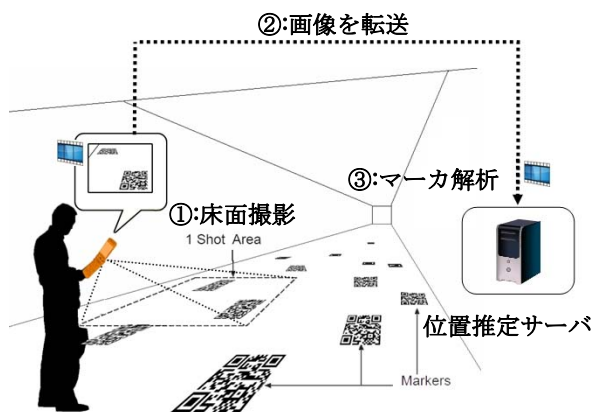


図 1 システム利用例

次に、2次元マーカー取得から位置情報抽出までの処理の流れを説明する。先にも述べたように環境側には、床面に2次元バーコードを内包した2次元マーカーを複数配置する。なお、配置数は必要とする位置推定解像度に依存する。それぞれのマーカー内には、図2に示すようにマーカーが配置された位置の3次元の座標をWGS-84座標系を使用して2次元バーコードにエンコードした画像を配置する。床面には、ユーザー端末と床面との一般的な距離およびカメラの焦点距離から導かれ、画像処理で認識可能な最低限の大きさのマーカーを配置する。ユーザー端末の背面にあるカメラを使用し、ユーザーが屋内で歩行ナビゲーションを使用している場合や携帯メールを読み書きしている場合等に、ユーザー端末がユーザーに意識させな

いままバックグラウンドでカメラから床面の画像を定期的を取得する。カメラから取得された画像をユーザー端末がグレースケールに変換した後、無線ネットワークを介して位置推定サーバに送られる。サーバ内での処理の流れを図3に示す。サーバでは、送られた画像を処理することにより、2次元バーコードを含んだマーカーを探し、マーカーの歪みからユーザー端末とマーカー画像との相対位置を計算でき、ユーザーとの相対的な位置関係を得ることが出来る。次に2次元マーカー内の2次元バーコードをデコードすることにより、マーカーが置かれた位置の3次元座標(WGS-84座標系)が得られ、前述のマーカーとの相対的な位置関係から、ユーザー端末の絶対位置と方向を推測することが出来る。ここで、マーカーの抽出・補正に関してはAR Toolkit[5]を使用しているため、ユーザーはマーカー画像が常に写るように意識する必要がなく、自然に持つだけでマーカー画像が認識可能な間だけ位置の推定が可能である。

4 まとめ

本論文では、屋内において高精度な位置・方向推定を行うために、2次元マーカーを用いたユーザー位置・方向推定システムの提案を行った。提案システムは既にも実験用システムおよびシミュレーターが構築されているが、限られた環境における定性的な評価のみにとどまっている。今後の課題としては、実験およびシミュレーションによる定量的な評価があげられる。

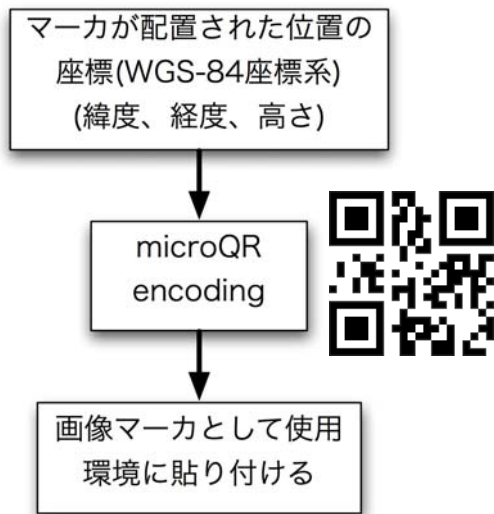


図 2 QR コードを元にした 2 次元マーカ作成の流れ

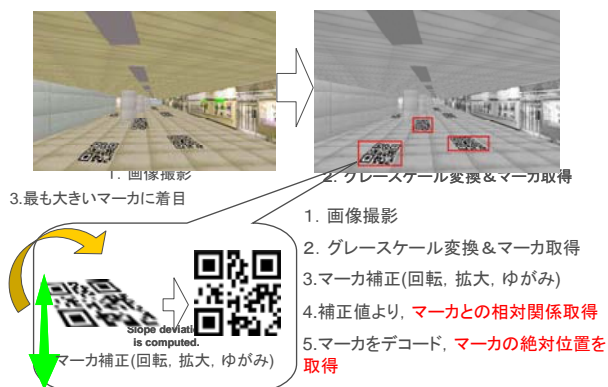


図 3 位置推定サーバ内での 2 次元マーカの処理の流れ

文 献

- [1] Ekahau, Inc : Ekahau Positioning Engine. <http://www.Ekahau.com/>.
- [2] Paramvir Bahl and Venkata N. Padmanabhan, RADAR: An In-Building RF-based User Location and Tracking System, IEEE Infocom 2000, pp.775-784(2000)
- [3] HITACHI AirLocation TM. <http://www.hitachi.co.jp/wirelessinfo/products/index.html>.
- [4] 山下 淳, 檜山 敦, 雨宮 智浩, 小林 一郎, 広田 光一, 廣瀬 通孝, "ウェアラブル, およびモバイルコンピュータ用屋外仮想研究環境の構築," ヒューマンインタフェース学会研究報告集, Vol.4, No.5, pp.45-48(2002)
- [5] 加藤 博一, "拡張現実感システム構築ツール ARToolKit の開発," Vol.101, No.652 pp.