景観画像データベースを用いたユビキタス端末の自己位置推定に関する研究（072107003）

Localization of ubiquitous device using feature landmark database

研究代表者
佐藤 智和　奈良先端科学技術大学院大学
Tomokazu Sato　Nara Institute of Science and technology

研究分担者
池田　聖[†]
Sei Ikeda[†]
[†]**奈良先端科学技術大学院大学**
[†]Nara Institute of Science and technology

研究期間　平成 19 年度～平成 21 年度

概要

本研究開発では、景観画像に含まれる特徴的な点(画像特徴点)の三次元位置を景観ランドマークデータベースとしてあらかじめデータベース化しておくことで、画像解析によって一般ユーザが持つ携帯電話・携帯端末の位置・姿勢を高精度に推定する手法を開発した。これにより、現在の GPS 等によって得られる位置情報に含まれる 10m～100m の誤差を 1m 以下に低減し、更に端末の姿勢情報を 1 度以下の誤差で推定することで、モバイル型拡張現実感システムによるユーザナビゲーションへの応用を可能とした。本研究課題では、これを実現するために、(1)効率的かつ高精度なデータベース構築手法の開発、(2)高速かつ高精度なカメラ位置・姿勢推定手法の開発、を実施した。

Abstract

In this project, we have developed position and posture estimation method for mobile devices using pre-constructed feature landmark database and captured images taken by the mobile devices. This method decreases localization error from 10m level to 1m level by comparing with the ordinary used GPS accuracy. Additionally, by the ability for posture estimation with less than 1 degree error, human navigation using mobile phones can be achieved. In this research, in order to realize these features, we have developed the method for (1) efficient and accurate construction of the database, (2) fast and accurate estimation of camera parameters.

１．まえがき

現在、携帯電話などのユビキタス機器の爆発的普及と無線インフラの整備・充実により、ユビキタス端末上におけるインターネットの常時接続が現実のものとなり、限定的ではあれ、ネットワークを通して望む情報を引き出すことが可能となっている。また、GPS や基地局情報を利用した端末位置の同定によって、ユーザ位置をキーとした情報検索サービスや、ヒューマンナビゲーションを行うサービスが提供されている。

しかし、このような GPS による端末位置の同定手法において、高層ビルが立ち並ぶ複雑な都市環境における端末位置特定精度はせいぜい 10～100m 程度であり、屋内においては全く利用できない場面も多い。本研究課題では、これら GPS によって得られる端末位置を初期値として、データベースにあらかじめ登録されている景観画像データベースと携帯端末によって撮影された画像を照合することで、端末位置の特定精度を飛躍的に高める技術を開発した。また、GPS 単独では実現が難しいユーザの姿勢情報の推定をも可能とし、これにより、広域な屋外環境における拡張現実感の実現(図 1)を可能とした。

２．研究内容及び成果

2.1. 研究の概要

本研究では、全方位カメラおよび動画像解析による三次元復元手法を用いて、景観画像中の特徴的な点(自然特徴点)の三次元位置および画像情報を景観ランドマークデータベースとしてあらかじめデータベース化しておくことで、屋内外を問わず画像解析によって一般ユーザが持つ携帯電話・携帯端末の位置・姿勢を高精度に推定する。本研究課題では特に、(1)効率的かつ高精度なデータベース構築手法の開発および、(2)高速かつ高精度なカメラ位置・姿勢推定手法の開発を実施した。

図 1 画像から検出されたランドマークとカメラ位置・姿勢の推定結果に基づき合成された CG

2.2. ランドマークデータベースの構築

本研究では、事前に景観画像をカメラで撮影し、その画像中に含まれる特徴点の三次元位置をデータベース化する必要がある。ここでは、効率的に景観画像を取得するために、全方位カメラを用いて広域を移動撮影する。ただし、端末位置を特定するためには、特徴点の三次元位置の絶対座標(例えば緯度・経度・高度)が必要となるため、データベース構築時において、画像に加えて RTK-GPS などの、外部指標が必要となる。本研究課題では、RTK-GPS と画像情報を融合的に用いた、カメラ位置・姿勢の推定手法を開発し、これによりランドマークデータベースを自動的に構築する手法を開発した。具体的には、RTK-GPS から得られる精度情報と、画像中の特徴点の動きの情報を融合的に利用するためのエネルギー関数を設計し、これに基づくカメラ位置・姿勢推定手法を開発した。本手法を用いるこ

とで、ランドマーク構築時におけるオフラインでのカメラ位置・姿勢推定を自動化するとともに、従来手法に対して 2 倍程度高精度な三次元復元を実現することが可能となった。また、特に高い三次元復元の精度が求められる観光地などの拡張現実感を想定し、全方位レンジファインダを併用することによる、高精度なデータベースの構築手法についても開発を行った。

2.3. カメラ位置・姿勢の推定

構築されたランドマークデータベースを用いて、高速かつ高精度なカメラ位置・姿勢を実現するためには、登録されたランドマークと画像上の特徴点を高速かつ頑健に対応づけることが重要となる。これに対して、本研究課題では、以下の 3 つの項目について研究を実施した。

(1) 画像スケールの変化に対するランドマーク対応付けのロバスト性の向上

スケール不変特徴量である Harris Laplacian を用い、ランドマークおよび特徴点に対する固有スケールを算出した上で、固有スケールに対応する画像の局所領域を用いて類似度を評価することで、撮影される画像のスケールが変化した場合にも正しく対応点を決定可能な手法を開発した。更に、算出された固有スケールを用いることで、携帯端末によって撮影されたカメラの位置とランドマーク間の距離を推定し、投票によりカメラの撮影位置を特定する手法を開発した。これにより、従来手法では推定が不可能であったランドマーク構築時のカメラ位置から 20m 程度離れた地点においても画像撮影時のカメラ位置・姿勢を推定することが可能となった。

(2) 信頼度の付与による誤推定発生率の低減

環境内に類似パターンが多数存在する環境では、ランドマークと自然特徴点の対応付けにおいて、誤対応が発生しやすく、推定が失敗するという問題があった。そこで、各ランドマークに信頼度を付加し、信頼度の高いランドマークを優先的に対応付ける手法を開発した。これにより、推定成功率を高めることに成功した。

(3) 特異なランドマークを用いた推定処理の高速化

ランドマークの特異度が、推定精度を高めるだけでなく高速化にも利用可能であると考え、ランドマークの特異度を用いた二段階の照合によって対応付け処理の高速化を図る手法を開発した。空間中でのランドマークの探索範囲を限定することで、限定しなかった場合と同等の推定精度を維持しながらランドマークの照合時間を 1/3 程度まで削減することに成功した。

2.4. 一般の携帯電話で利用可能な試作システムの作成

実際に携帯電話を用いて動作するカメラ位置・姿勢推定に基づくナビゲーションシステムを試作した。試作したシステムでは、以下のような手順によってユーザへのナビゲーション情報の提供を実現する(図 2)。

(1) ユーザは携帯電話を用いて画像を撮影し、携帯電話のブラウザ機能を用いてサーバが提供している web ページに画像をアップロードする。

(2) サーバは、アップロードされた画像を解析し、本研究課題により開発した手法によりランドマークと入力画像中の特徴点を対応づけることで、カメラの位置・姿勢を推定する。

(3) サーバは、目的地情報などのナビゲーション情報を三次元の CG により描画し、アップロードされた画像に合成する。

(4) サーバは、AR ナビゲーション画像をユーザの端末上に送信する。

このシステムは、特定の携帯電話の事業者に依存するアプリ形式を採用せず、汎用的な html のフォームを通してナビゲーション機能を提供している。従って、ブラウザ機能を備えた携帯電話であれば、どの事業者の携帯電話であってもサービスの提供を受けることができる。

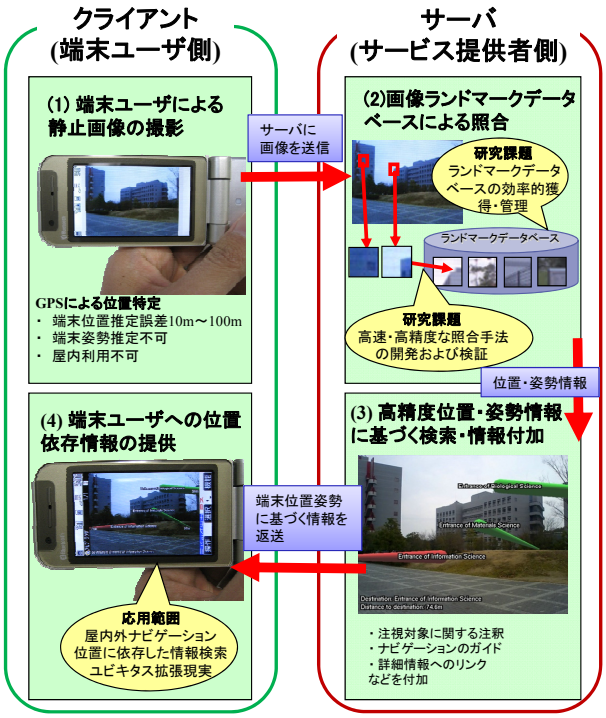

図 2 クライアント・サーバ方式による端末位置・姿勢推定システムの試作例

3. むすび

本研究課題では、景観画像中の特徴点をあらかじめ検出し、ランドマークとしてデータベース化しておくことで、高精度なカメラ位置・姿勢推定を実現する手法を開発した。今後、町並みなどの大規模環境に対するランドマークのデータベース化を行い、検証を重ねることで、より利用価値の高い手法に発展していくものと考えられる。

【誌上発表リスト】

[1]薄 充孝, 中川 知香, 佐藤 智和, 横矢 直和, “ランドマークデータベースに基づく静止画像からのカメラ位置・姿勢推定”, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 13, No. 2, pp. 161-170, (2008 年 1 月)

[2] 武富 貴史, 佐藤 智和, 横矢 直和, ”拡張現実感のための優先度情報を付加した自然特徴点ランドマークデータベースを用いた実時間カメラ位置・姿勢推定”, 電子情報通信学会論文誌（D）, Vol. J92-D, No. 8, pp. 1440-1451（2009 年 8 月）

[3] H. Kume, T. Taketomi, T. Sato and N. Yokoya: “Extrinsic camera parameter estimation using video images and GPS considering GPS positioning accuracy”, Proc. IAPR Int. Conf. on Pattern Recognition, (2010 年 8 月(採択決定))

【受賞リスト】

[1] 薄 充孝, 佐藤 智和, 横矢 直和: 画像の認識・理解シンポジウム(MIRU2007) インタラクティブセッション優秀賞、”スケール不変特徴量を用いたランドマークデータベースに基づく静止画像撮影時のカメラ位置・姿勢推定”、2007 年 8 月 1 日