

氏名（本籍）	郎彦昆（中華人民共和国）
学位の種類	博士（工学）
学位授与番号	甲第86号
学位授与日付	平成29年9月30日
専攻	システム工学専攻
学位論文題目	Research on Ground Plane Detection and Indoor Scene Labeling with Depth Information
学位論文審査委員	(主査) 教授 天野 敏之 (副査) 教授 呉 海元 准教授 岩崎 慶

論文内容の要旨

This thesis describes three new algorithms for solving the problems of Ground Plane Detection (GPD) and 3D Indoor Scene Labeling (3D-ISL). Chapter 1 gives a brief discussion about background, including the necessity, the application and the related works for solving the problems, as well as the advantages and limitations of existing methods and algorithms.

The second chapter describes a height distribution based algorithm for detecting single and multiple ground planes from a 3D indoor scene captured by a RGB-D camera. One of the reasons that makes the detection of multiple planes from a cluttered scene difficult is the high dimension of the parameter space. In general, conventional methods use statistical approach in three dimensional parameter space to detect planes. However, the sparse distribution in such space is difficult to converge thus fails to give stable results. In this research, the dimension of the parameter space is reduced from three to one by making use of the predictable camera pose. The distribution obtained with statistical processing of the input data will become well shaped so that it makes the detection of ground planes much easier and stable.

This algorithm consists of two phases: camera pose estimation and ground plane detection. Starting with a predicted camera pose, both the ground planes and the accurate camera pose are refined through a certain number of iterations. The detection of the ground planes are carried out by the following steps:

- 1). Computing the distribution in the one dimensional parameter space with a known (or predicted) camera tilt angle.
- 2). Utilizing this distribution to detect the ground planes and estimate degree of their convergence.
- 3). Finding the camera tilt angle that gives better degree.
- 4). Repeating step.1-3 until both the detected planes and camera tilt angle are convergent.

In addition to GPD, the task of 3D Indoor Scene Labeling (3D-ISL) is also studied in this thesis. The correctness of labeling depends on two factors: 1) the distinctiveness of the extracted features and, 2) the correctness of the label relevance. Chapter 3 and 4 focus on these two factors.

In the third chapter, an algorithm of labeling a 3d indoor scene captured from a fixed RGB-D sensor is proposed. The algorithm proposed in chapter 2 is utilized here to improve the accuracy of 3D-ISL. A discriminative feature describing the spatial distribution characteristics of 3d objects is generated. Meanwhile, label relevance in the 3D indoor scene are modeled. The labeling problem is solved by using the graphical model.

In order to achieve an accurate result with low computational cost, the following ideas are used in this algorithm:

- 1) Using Eigenvalue decomposition and linearly combination of sub-space for making a strong spatial feature.
- 2) Designing a 6-connected pair-wise model to represent the label relevance.
- 3) Defining each part of the cost function corresponding to the feature vector and the label relevance respectively.

In the fourth chapter, another algorithm of 3D-ISL is proposed. In order to make the labeling result robust against the camera rotation, a high dimensional feature vector is generated by combining several single rotation invariance features together. Furthermore, a method of learning the label relevance is also proposed to improve the accuracy. At last, a method of detecting person object from the labeling result is proposed.

Numerous experiments have been carried out to evaluate the performance of our algorithms of Ground Plane Detection and 3D indoor scene labeling. The advantages and disadvantages of our works are discussed in the last chapter.

論文審査の結果の要旨

本論文は、屋内環境を想定した距離画像計測に基づく3次元シーン解析に関するものであり、1) 高さヒストグラムに基づく床面の検出手法、2) マルコフ確率場を用いた3D屋内環境のラベリング、3) 条件付き確率場を用いた3D屋内環境のラベリングから構成される。

1)の方法はカーネル密度推定を用いた高さヒストグラムより床面を検出する方法であり、一枚の距離画像から階段部などの複数の床面を同時に検出する手法を提案している。2)では提案した空間分布特徴にマルコフ確率場モデルを適用し、固定されたRGB-Dセンサから取得された距離画像において3D屋内環境のラベリングを行う手法を提案している。3)では回転不変の特徴を導入し、条件付き確率場を用いることで、姿勢が変化するRGB-Dセンサから得られた距離画像に対応する方法を提案している。

研究業績としては、本博士論文に関するジャーナルペーパーが1本、国際会議が3本、その他の発表は4本、また、本論文に直接関係しない国際会議が2本あり、業績としては十分である。予備審査で指摘された、業績リストの体裁の不備、論文の記述に関する不備に関しては適切に修正されており、最終的に校閲をすれば博士論文として評価できる内容になっている。

最終試験の結果の要旨

平成29年8月22日にシステム工学部A棟A605にて公聴会を実施した。参加者は審査委員会委員全員とほか6名であった。公聴会は午後1時10分より開始し、1時間の発表の後に、20分の質疑応答を行った。質疑応答では、提案手法の詳細に関する質疑が5件程度あり、何れの質問に対しても適切な回答が得られた。上記の結果を総合的に判断し、最終試験は合格と判定する。