

# **Vision-based localisation of a generalized camera from line correspondences and known vertical direction**

*Nóra Horányi*

*II. year Info-bionics Engineering M.Sc.*

*Supervisor: Zoltán Kató*

*SZTE TTIK Department of Image Processing and Computer Graphics*

Pose estimation is a fundamental building block of various vision applications, *e.g.* visual odometry, image-based localization and navigation, fusion, and augmented reality. Herein, we are interested in absolute pose estimation, which consists in determining the position and orientation of a camera with respect to a 3D world coordinate frame.

Modern applications, especially in vision-based localization and navigation for robotics and autonomous vehicles, it is often desirable to use multi-camera systems which covers large field of views. Not only classical image-based techniques, such as Structure from Motion (SfM) provide 3D measurements of a scene, but modern range sensors (*e.g.* Lidar, Kinect) record 3D structure directly. Thus the availability of 3D data is also becoming widespread, hence methods to estimate absolute pose of a set of cameras based on 2D measurements of the 3D scene received more attention.

Since modern cameras are frequently equipped with various location and orientation sensors, we assume that the vertical direction of the camera system (*e.g.* a gravity vector) is available.

In the first part, we will discuss the problem of absolute pose estimation in case of a generalized camera based on straight lines, which are common in urban environment. The only assumption about the imaging model is that 3D straight lines are projected via projection planes determined by the line and camera projection directions, *i.e.* correspondences are given as a 3D world line and its projection plane. Therefore we formulate the problem in terms of 4 unknowns using 3D line – projection plane correspondences which yields a closed form solution.

In the second part of the work, we address the problem of estimating the absolute pose of a multiview calibrated perspective camera system from 3D - 2D line correspondences. Herein, we propose two solutions: the first solution consists of a single linear system of equations, while the second solution yields a polynomial equation of degree three in one variable and one systems of linear equations which can be efficiently solved in closed-form.

The proposed algorithms have been evaluated on various synthetic datasets as well as on real data. All of the solutions can be used as a minimal solver as well as a least squares solver without reformulation. Experimental results confirm state of the art performance both in terms of quality and computing time.

**Keywords:** absolute pose estimation, vertical direction, line correspondences

# **Általánosított kamera vizuális alapú helyzet meghatározása 3D-2D egyenes-megfeleltetések és vertikális irány alapján**

*Horányi Nóra*

*II. évf. Info-bionika mérnöki M.Sc.*

*Témavezető: Kató Zoltán*

*SZTE TTIK Képfeldolgozás és Számítógépes Grafika Tanszék*

A helyzet meghatározási probléma alapját képezi számos vizuális információn alapuló technikának pl.: vizuális odometria, kép alapú lokalizáció és navigáció, fúzió és kibővített valóság. Mi a kamera-rendszer helyzetének meghatározásával foglalkozunk, ami magában foglalja a helyzet illetve orientáció becslését a 3D világ koordináta rendszerhez viszonyítva.

Modern applikációk, főleg a robotikában és önjárójárművekben alkalmazott kép alapú lokalizáció és navigáció esetén sokszor elengedhetetlen, hogy olyan kamera-rendszer álljon rendelkezésünkre melynek nagy a látószöge. Nem csak klasszikus kép alapú technikák segítségével, mint a Structure from Motion (SfM) technikával tudunk 3D mérésekkel szolgálni az adott helyről, de modern szenzorokkal (pl.: Lidar, Kinect) 3D struktúrákat követlenül tudunk felvenni. Emiatt a 3D adatok egyre szélesebb körben elérhetőek így a helyzet becslő algoritmusok melyek együttesen használják a kamera rendszer 2D méréseit a rendelkezésre álló 3D adattal előtérbe kerültek.

Miután a modern kamerák rendszerint fel vannak szerelve különböző helyzet és orientáció szenzorokkal, azt feltételezzük, hogy a vizsgált kamera-rendszer vertikális iránya (pl.: gravitációs vektor) számunkra ismert.

Munkánk első részben a kamera-rendszer helyzetének becslését általánosított kamerák esetén egyenes vonalak alapján számítottuk, melyek gyakoriak a városi környezetben. Az egyetlen feltételezés a képalkotó rendszerről, hogy a 3D egyenesek vetítő síkkal vetülnek le, melyet az egyenes és a kamera vetítési iránya határoz meg. Ezért a problémát négy ismeretlennel fejeztük ki és vezettük vissza zárt alakra, melyhez 3D egyenes – vetítősík megfeleltetéseket használtunk.

A második felében a kalibrált perspektív kamera-rendszer helyzetének becslésével foglalkozunk 3D-2D egyenes megfeleltetések alapján. Erre két megoldási módszert javasoltunk: az első megoldás egy lineáris egyenletrendszerhez vezet, míg a másik esetben egy harmadfokú és egy elsőfokú egyenletrendszert kell megoldanunk, mely zárt alakban hatékonyan elvégezhető.

Az algoritmusokat különböző szintetikus valamint valós tesztalmozokon is kiértékeljük. Minden javasolt megoldás módosítás nélkül használható minimális illetve legkisebb négyzetek megoldóként is. A tesztek eredménye alátámasztja a state of the art teljesítményt mind minőség, mind a számítási idő tekintetében.

**Kulcsszavak:** kamera-rendszer helyzet meghatározása, vertikális irány, egyenes megfeleltetések