



université PARIS-SACLAY

FUSION DE DONNÉES CAPTEURS VISUELS ET INERTIELS POUR L'ESTIMATION DE LA POSE D'UN CORPS RIGIDE PAR ALI SEBA

Présentée par : Ali Seba Discipline : génie informatique, automatique et traitement du signal Laboratoire : LISV

Résumé :

Cette thèse traite la problématique d'estimation de la pose (position relative et orientation) d'un corps rigide en mouvement dans l'espace 3D par fusion de données issues de capteurs inertiels et visuels. Les mesures inertiels sont fournies à partir d'une centrale inertielle composée de gyroscopes 3 axes et d'accéléromètres 3 axes. Les données visuelles sont issues d'une caméra. Celle-ci est positionnée sur le corps rigide en mouvement, elle fournit des images représentatives du champ visuel perçu. Ainsi, les mesures implicites des directions des lignes, supposées fixes dans l'espace de la scène, projetées sur le plan de l'image seront utilisées dans l'algorithme d'estimation de l'attitude. La démarche consistait d'abord à traiter le problème de la mesure issue du capteur visuel sur une longue séquence en utilisant les caractéristiques de l'image. Ainsi, un algorithme de suivi de lignes a été proposé en se basant sur les techniques de calcul du flux optique des points extraits des lignes à suivre et utilisant une approche de mise en correspondance par minimisation de la distance euclidienne. Par la suite, un observateur conçu dans l'espace $SO(3)$ a été proposé afin d'estimer l'orientation relative

du corps rigide dans la scène 3D en fusionnant les données issues de l'algorithme de suivi de lignes avec les données des gyroscopes. Le gain de l'observateur a été élaboré en utilisant un filtre de Kalman de type M.E.K.F. (Multiplicative Extended Kalman Filter). Le problème de l'ambiguïté du signe dû à la mesure implicite des directions des lignes a été considéré dans la conception de cet observateur. Enfin, l'estimation de la position relative et de la vitesse absolue du corps rigide dans la scène 3D a été traitée. Deux observateurs ont été proposés : le premier est un observateur en cascade avec découplage entre l'estimation de l'attitude et l'estimation de la position. L'estimation issue de l'observateur d'attitude alimente un observateur non linéaire utilisant des mesures issues des accéléromètres afin de fournir une estimation de la position relative et de la vitesse absolue du corps rigide. Le deuxième observateur, conçu quant à lui directement dans $SE(3)$, utilise un filtre de Kalman de type M.E.K.F afin d'estimer la pose par fusion de données inertielles (accéléromètres, gyromètres) et des données visuelles. Les performances des méthodes proposées sont illustrées et validées par différents résultats de simulation.

Abstract :

This thesis addresses the problems of pose estimation of a rigid body moving in 3D space by fusing data from inertial and visual sensors. The inertial measurements are provided from an I.M.U. (Inertial Measurement Unit) composed by accelerometers and gyroscopes. Visual data are from cameras, which positioned on the moving object, provide images representative of the perceived visual field. Thus, the implicit measure directions of fixed lines in the space of the scene from their projections on the plane of the image will be used in the attitude estimation. The approach was first to address the problem of measuring visual sensors after a long sequence using the characteristics of the image. Thus, a line tracking algorithm has been proposed based on optical flow of the extracted points and line matching approach by minimizing the Euclidean distance. Thereafter, an observer in the $SO(3)$ space has been proposed to estimate the relative orientation of the object in the 3D scene by merging the data from the proposed lines tracking algorithm with Gyro data. The observer gain was developed using a Kalman filter type M.E.K.F. (Multiplicative Extended Kalman Filter). The problem of ambiguity in the sign of the measurement directions of the lines was considered in the design of the observer. Finally, the estimation of the relative position and the absolute velocity of the rigid body in the 3D scene have been processed. Two observers were proposed: the first one is an observer cascaded with decoupled from the estimation of the attitude and position estimation. The estimation result of the attitude observer feeds a nonlinear observer using measurements from the accelerometers in order to provide an estimate of the relative position and the absolute velocity of the rigid body. The second observer,

designed directly in SE (3) for simultaneously estimating the position and orientation of a rigid body in 3D scene by fusing inertial data (accelerometers, gyroscopes), and visual data using a Kalman filter (M.E.K.F.). The performance of the proposed methods are illustrated and validated by different simulation results.

INFORMATIONS COMPLÉMENTAIRES

Isabelle FANTONI, Directeur de Recherche, à l'Université de Technologie de Compiègne/Laboratoire Heuristique et Diagnostic des Systèmes Complexes (Heudiasyc) - UMR CNRS 7253 - Compiègne - Rapporteur

Rochdi MERZOUKI, Professeur des Universités, à l'Université de Lille1/Centre de Recherche en Informatique, Signal et Automatique de Lille (CRISAL) - UMR CNRS 9189 - Villeneuve d'Ascq - Rapporteur

Abdelaziz BENALLEGUE, Professeur des Universités, à l'Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines/Laboratoire d'Ingénierie et des Systèmes de Versailles (LISV) - Velizy - Directeur de thèse

Catherine ACHARD, Maître de Conférences, Habilitée à Diriger des Recherches, à l'Université Pierre et Marie Curie/Institut des Systèmes Intelligents et de Robotique (ISIR) - UMR 7222 - Paris - Examineur

Samir BOUAZIZ, Professeur des Universités, à l'Université Paris Sud 11/Institut d'Electronique Fondamentale (IEF) - Orsay - Examineur

Samia BOUCHAFA, Professeur des Universités, à l'Université d'Evry/Laboratoire Informatique, Biologie Intégrative et Systèmes Complexes (IBISC) - EA 4526 - Evry - Examineur

Abdelhafid EL HADRI, Maître de Conférences, à l'Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines/Laboratoire d'Ingénierie et des Systèmes de Versailles (LISV) - Velizy - Examineur

Contact : dredval service FED : theses@uvsq.fr