

INTRODUCTION TO A PORTABLE STEREO MAPPING SYSTEM FOR UNMANNED VEHICLES

Julien Li-Chee-Ming and Costas Armenakis

Geomatics Engineering, GeoICT Lab

Department of Earth and Space Science and Engineering, York University, Toronto, Ontario

This work introduces a Mobile Stereo Mapping System (MSMS) designed for remote operation onboard unmanned vehicles for navigation and rapid collection of 3D spatial data through direct georeferencing and integration of optical and multiple navigation sensors. By avoiding the need for ground control points, the system offers a low-cost mapping solution for both kinematic and static cases, rapid deployments, high data resolutions, and low risk to operators. Position estimation of the camera is based on differential GPS, loosely coupled in a Kalman filter with a low-cost Micro Electro-Mechanical Systems (MEMS) based Inertial Measurement Unit (IMU). Attitude is estimated from gyroscope data, aided by accelerometer and magnetometer data to compensate for gyro drift. Two low-cost consumer digital cameras are calibrated and time-synchronized with the GPS/IMU to provide directly georeferenced stereo imagery. The MSMS determines mapping coordinates using photogrammetric solutions modified for direct georeferencing. A calibration process has been developed for the sensor components and the integrated system itself to determine systematic errors and biases, and to determine the relative geometry of the sensors. Object space accuracies (Root Mean Square Error (RMSE)) in the range of 1/100 at camera-to-object distances of about 30m were achieved using wide baseline overlapping images taken from two separate positions of the stereo-metric MSMS. The system design and the calibration and mapping accuracy of the MSMS are presented and assessed using field testing.

Le présent article décrit un Système de cartographie en stéréo mobile (SCSM) conçu pour les opérations à distance de navigation à bord de véhicules sans pilote et la collecte rapide de données spatiales 3D au moyen de la géoréférence et de l'intégration de capteurs de navigation optiques et multiples en direct. En évitant le besoin d'avoir des points de contrôle terrestres, le système offre une solution de cartographie peu coûteuse tant pour les cas cinématiques que statiques, des déploiements rapides, des données à haute résolution et des risques peu élevés pour les opérateurs. L'estimation de la position de la caméra est fondée sur le système de localisation GPS différentiel, couplé lâchement dans un filtre Kalman avec une unité de mesure inertielle (UMI) fondée sur des Systèmes microélectromécaniques (MEMS) peu coûteux. L'attitude est estimée à partir des données du gyroscope, avec l'aide de données d'un accéléromètre et d'un magnétomètre pour compenser la dérive du gyroscope. Deux caméras numériques grand public peu coûteuses sont calibrées et synchronisées dans le temps avec le GPS/UMI pour fournir des images stéréo directement géoréférencées. Le SCSM détermine les coordonnées de cartographie en utilisant des solutions photogrammétriques modifiées pour la géoréférence directe. Un processus de calibration a été développé pour les composantes des capteurs et le système intégré lui-même afin de déterminer les biais et les erreurs systématiques et pour déterminer la géométrie relative des capteurs. Des précisions d'environ 30 mètres pour les objets dans l'espace (l'erreur-type), soit de l'ordre de 1/100 de la distance entre la caméra et l'objet, ont été atteintes en utilisant des images à larges lignes de base qui se chevauchent et qui ont été prises à partir de deux positions distinctes du SCSM stéréo métrique. La conception et la calibration du système ainsi que la précision de cartographie du SCSM sont présentées et évaluées en utilisant des essais sur le terrain.

1. Introduction

Mapping and Geospatial Information System (GIS) projects require georeferenced imagery that is accurate, easily updated, acquired rapidly and low cost. Furthermore, the acquisition of spatial data is a time-critical operation for situations such as emergency and disaster response, where conditions are generally unfavourable for manned mapping systems. Low-cost autonomous vehicle platforms offer a great opportunity for developing mobile mapping systems, enabling the automated collection of spatial

data. Unmanned vehicles were developed primarily for military applications, but recently a new generation of civilian low-cost unmanned vehicles started to be employed for the aforementioned time-critical operations [Doherty and Rudol 2007; Puri 2005]. The use of low-cost unmanned mobile mapping systems for mapping, monitoring and tracking is under development, but over recent years the geospatial information industry has significantly



**Julien
Li-Chee-Ming**
julienli@yorku.ca



Costas Armenakis
armenc@yorku.ca