



TECHNISCHE UNIVERSITÄT MÜNCHEN
Institut für Photogrammetrie und Kartographie
Fachgebiet Photogrammetrie und Fernerkundung

Extraction and Velocity Estimation of Vehicles in Urban Areas from Airborne Laserscanning Data

Wei Yao

Dissertation

2010

Abstract

In this work a two-step strategy for traffic monitoring in urban areas by analysis of single-pass airborne laser scanning (ALS) data is presented and investigated. In the first step vehicles are extracted, and their states of motion are analyzed in the following step.

For vehicle extraction, two methods are proposed. For the first method it is assumed that all road sections in the studied scene are component of the ground surface. The laser data are transformed from the point cloud into a grid representation. Based on analysis of the height distribution the ground surface included the vehicles is first separated from other objects such as buildings and vegetation by an iterative process. Then, a morphological segmentation is carried out to isolate the cars from the ground surface. The second method assumes that road sections are also located on bridges or overpasses. Through an adaptive "mean shift" a 3D segmentation of point clouds is performed. Based on local structure, point clouds, which could represent the vehicles, are immediately separated from all other objects. The distinction between vehicle and background is performed by a classification using a support vector machine. In scenes with dense placement of vehicles such as occurring in parking lots, a grouping of larger objects by "normalized cuts" is further conducted to enable a combination with the first method.

In the step of motion analysis, based on the extracted point clouds of the vehicles a motion state is initially determined and subsequently for those classified as moving vehicles the velocity is estimated. To determine the motion state the shape of the vehicle point cloud is fitted by a parallelogram and classified on the basis of the parameters of the aspect ratio and shearing angle. The classification consists in a binary decision made by the evaluation with Lie Group metric. Finally, the velocity of moving vehicles is estimated based on the deformation structures. Fundamentally the moving direction of vehicles indicated by the road orientation can be considered as prior knowledge in the velocity estimation. With this information, three methods have been analyzed to determine the velocity. When it is lack of information about the road orientation, the velocity and direction can be simultaneously determined by solving a system of linear equations.

The approaches were analyzed by four laser datasets of three different cities. For evaluation of the detection results reference data have been created manually. To evaluate the motion estimation video sequences concurrently recorded for two scenes were examined. The results of both methods for vehicle extraction have shown that a high completeness (up to ca.87%) of the detection of vehicle objects is reached by using the first method while the second method provides a high accuracy with respect to the vehicle geometry. Moreover, for the motion detection the recognition was investigated in dependence on the point density, intersection angle and vehicle velocity by simulated point clouds. Studies on the accuracy of velocity estimation show a strong dependence on the ratio of flight velocity to vehicle velocity and the intersection angle in between. The best estimate from the experiments show a deviation of about 10% compared to the video sequences.

Kurzfassung

In dieser Arbeit wird eine zweistufige Strategie zur Verkehrsüberwachung in urbanen Bereichen durch Auswertung von Single-Pass Airborne Laserscanning (ALS)-Daten vorgestellt und untersucht. Dabei werden in der ersten Stufe zunächst die Fahrzeuge extrahiert und in der folgenden Stufe deren Bewegungszustand analysiert.

Für die Fahrzeugextraktion werden zwei Methoden vorgeschlagen. Bei der ersten Methode wird davon ausgegangen, dass alle Straßenabschnitte in der untersuchten Szene Bestandteil der Bodenfläche sind. Die Laserdaten werden von der Punktwolke in eine Rasterdarstellung gewandelt. Basierend auf Analyse der Höhenverteilung wird zunächst durch ein iteratives Verfahren die Bodenfläche inklusiv der Fahrzeuge von anderen Objekten wie Gebäuden und Vegetation separiert. Anschließend erfolgt eine morphologische Segmentierung um die Fahrzeuge von der Bodenfläche zu isolieren. Bei der zweiten Methode wird davon ausgegangen, dass Straßenabschnitte auch auf Brücken oder Überführungen liegen. Durch einen adaptiven „Mean Shift“-Ansatz wird eine 3D-Segmentierung der Punktwolken durchgeführt. Dabei werden auf Basis der lokalen Struktur Punktwolken, die Fahrzeuge darstellen könnten, direkt von allen anderen Objekten getrennt. Die Unterscheidung von Fahrzeug und Hintergrund erfolgt durch eine Klassifikation mit einer Support Vektor Maschine. Bei Szenen mit dichten Fahrzeuganordnungen wie sie bei Parkplätzen auftreten, wird weiterhin eine Gruppierung größerer Objekte durch „Normalized Cuts“ durchgeführt und eine Kombination mit der ersten Methode angewendet.

Bei der Bewegungsanalyse wird basierend auf den extrahierten Punktwolken der Fahrzeuge zunächst ein Bewegungsstatus bestimmt und bei den als bewegt klassifizierten Fahrzeugen nachfolgend die Geschwindigkeit geschätzt. Zur Bestimmung des Bewegungsstatus wird die Form der Fahrzeugpunktwolke durch ein Parallelogramm approximiert und aufgrund der Parameter aus Längen/Breitenverhältnis und Scherwinkel klassifiziert. Die Klassifikation besteht in einer Binärentscheidung die durch Auswertung mit einer Lie Group Metrik erfolgt. Schließlich wird die Geschwindigkeit der bewegenden Fahrzeuge auf Grundlage der Deformationsstruktur bestimmt. Prinzipiell kann bei dieser Schätzung die Bewegungsrichtung aus der Straßenanordnung als Vorkenntnis berücksichtigt werden. Mit dieser Information wurden drei Ansätze zur Geschwindigkeitsbestimmung untersucht. Liegen keine Information zur Straßenausrichtung vor, werden Geschwindigkeit und Richtung durch Lösung eines linearen Gleichungssystems ermittelt.

Die Ansätze wurden mit vier Laserdatensätzen von drei verschiedenen Städten untersucht. Für Bewertung der Detektionsergebnisse wurden Referenzdaten manuell erstellt. Um die Schätzung der Bewegung zu bewerten wurden für zwei Szenen gleichzeitig aufgenommene Videosequenzen ausgewertet. Die Ergebnisse haben der beiden Methoden zur Fahrzeugextraktion haben gezeigt, dass bei der ersten Methode eine hohe Vollständigkeit (bis ca.87%) bezüglich der Erkennung von Fahrzeugobjekten erreicht wird, während das zweite Verfahren eine hohe Genauigkeit bezüglich der Fahrzeuggeometrie liefert. Für die Bewegungsdetektion wurde durch simulierte Punktwolken die Erkennung in Abhängigkeit der Punktdichte, dem Beobachtungswinkel und der Geschwindigkeit untersucht. Untersuchungen zur Genauigkeit der Geschwindigkeitsschätzung zeigen eine starke Abhängigkeit von dem Verhältnis der Fluggeschwindigkeit auf Fahrzeuggeschwindigkeit und dem Beobachtungswinkel. Die besten Schätzungen aus den Experimenten zeigen eine Abweichung von ungefähr 10% im Vergleich zu den Videosequenzen.