



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

3D-Segmentierung von Einzelbäumen und
Baumartenklassifikation aus Daten flugzeuggetragener
Full Waveform Laserscanner

Josef Reitberger

Dissertation

2010

Kurzfassung

Das luftgestützte Laserscanning hat sich in den letzten 15 Jahren rasant entwickelt und hebt sich insbesondere im Waldbereich von anderen Fernerkundungsmethoden ab, weil die Waldstruktur an Lücken von den Laserstrahlen durchdrungen wird. Bedingt durch die Einschränkung der meisten konventionellen Lasersysteme, nur die ersten und letzten Reflexionen zu erfassen, konzentrierten sich die Forschungsaktivitäten der letzten Jahre auf die Ableitung präziser Oberflächen- und Geländemodelle, sowie auf die Nutzung dieser Modelle für die automatische Ermittlung von Waldinformationen. Im Gegensatz dazu besitzen die neuartigen Full Waveform Lasersysteme die Fähigkeit, den reflektierten Laserimpuls vollständig aufzuzeichnen. Dadurch wird neben der Oberfläche und dem Boden des Waldes auch die dazwischenliegende Waldstruktur detailliert erfasst. Um den Vorteil dieser neuen Technik nutzen zu können, müssen die bisherigen Methoden zur Datenauswertung überarbeitet und erweitert werden.

Dazu wird in dieser Arbeit ein Beitrag geleistet, der sich in drei Teilbereiche gliedern lässt. Im ersten Teil werden die aufgezeichneten Echoprofile durch eine Anpassung von Gauß-Funktionen in die einzelnen Reflexionsanteile zerlegt. Aus den geschätzten Parametern dieser Funktionen werden die 3D Positionen der Reflexionen und die Merkmale Intensität und Pulsbreite berechnet. Außerdem werden Ansätze zur Kalibrierung dieser Merkmale untersucht.

Im zweiten Teil wird ein dreistufiges Verfahren zur Segmentierung von Einzelbäumen vorgestellt. Hierbei handelt es sich bei der ersten Stufe um eine Watershed Segmentierung im Baumhöhenmodell. In der zweiten Stufe wird in den Laserdaten nach Baumstämmen gesucht, wofür eine Filterung der Stammpunkte und ein hierarchisches Clustering bzgl. der horizontalen Abstände dieser Punkte erforderlich sind. In der dritten Stufe wird eine Segmentierung der attributierten 3D Punktwolke mit dem Normalized Cut Verfahren entwickelt, das die Ergebnisse der ersten beiden Stufen optional nutzen kann.

Im dritten Teil wird gezeigt, wie den Segmenten in einer Baumartenklassifikation die korrekte Baumart zugeordnet wird. Die dabei eingesetzten Merkmale nutzen neben den Koordinaten der Reflexionen auch die Intensität, die Pulsbreite und die Anzahl von Reflexionen pro Lasermessung.

Die Evaluierung der vorgestellten Methoden zeigt, dass die Zerlegung der Waveforms zu einer hohen räumlichen Punktdichte führt, weil auch überlagerte und schwache Reflexionen berücksichtigt werden. Insbesondere im Vergleich zu First/Last-Pulse Systemen erhält man viele zusätzliche Laserpunkte, die zwischen dem ersten und dem letzten Puls liegen. Beim Verfahren zur Stammerkennung und bei der 3D Segmentierung wird diese hohe räumliche Punktdichte genutzt und führt zu einer höheren Erkennungsrate im Vergleich zur Watershed Segmentierung. Vor allem in den unteren Waldschichten werden deutlich mehr Bäume gefunden. Bei der Baumartenklassifikation zeigt die Nutzung der kalibrierten Intensität eine erhebliche Verbesserung gegenüber der alleinigen Verwendung der Koordinaten der Reflexionen.

Abstract

Airborne laser scanning has developed at a tremendous speed over the last 15 years, and it sets itself apart from other remote sensing techniques, in the forestry sector particularly, because the forest structure is penetrated by the laser beams along gaps. Constrained by the fact that most conventional laser systems can only register the first and last reflections, the research activities of recent years have focused on deriving precise canopy and terrain models, and on using these models for the automatic ascertaining of forest information. By contrast, the novel full waveform laser systems have the ability to record the reflected laser pulse signal in its entirety. This means that as well as the canopy and floor of the forest, the intermediate forest structure is also captured in detail. In order to be able to exploit the advantages of this new technique, the existing methods of data analysis must be revised and expanded.

This thesis makes a contribution towards this, which can be divided into three sections. In the first section, the recorded waveforms are decomposed into the individual reflections using adjusted Gaussian curves. From the estimated parameters of these curves, the 3D positions of the reflections and their intensity and pulse width attributes are calculated. In addition, approaches for calibrating these attributes are investigated.

In the second section, a three-stage procedure for the segmentation of individual trees is presented. The first stage involves a watershed segmentation using the canopy height model. In the second stage, a search is made in the laser data for tree trunks, which requires filtering the laser points resulting from trunks and clustering them hierarchically according to the horizontal distances between them. In the third stage, a segmentation of the 3D point cloud is developed which bases upon the normalized cut algorithm and optionally can utilize the attributes intensity and pulse width and the results of the first two stages.

The third section shows how the correct tree species are assigned to the segments by carrying out a tree species classification. The utilised features base upon the coordinates of the reflections, the intensity, the pulse width and the number of reflections per laser measurement.

The evaluation of the methods presented shows that the decomposition of the waveforms leads to a high spatial point density because superposed and weak reflections are also included. Particularly in comparison to first/last pulse systems, many additional laser points which lie between the first and last pulse are obtained. This high spatial point density is used in the trunk identification procedure and in the 3D segmentation, and it leads to a higher identification rate compared to the watershed segmentation. Considerably more trees are detected, especially in lower forest layers. When it comes to the classification of tree species, the use of the calibrated intensity of the reflections shows a substantial improvement as compared to using the coordinates of the reflections alone.