

Universität der Bundeswehr München

Institut für Angewandte Informatik

FROM LIDAR POINT CLOUDS TO 3D BUILDING MODELS

Dissertation

Hossein Arefi

2009

Abstract

High quality and dense sampling are two major properties of recent airborne LIDAR data which are still improving. In this thesis a novel approach for generating 3D building models from LIDAR data is presented. It consists of four major parts: filtering of non-ground regions, segmentation and classification, building outline approximation, and 3D modeling.

With filtering non-ground structures are eliminated from the laser data. Image reconstruction by means of geodesic morphology is at the core of the proposed algorithm. Structures which do not comply concerning size, or shape are suppressed. By interpolating the bald earth produced by filtering, Digital Terrain Models (DTM) are generated. Image segmentation creates the potential non-ground regions which are subject to rule-based classification. Geometric feature descriptors based on surface normals, the local height variation, and a vegetation index are employed to classify data into buildings, trees, and other objects such as power lines and cranes.

After building classification, their outlines are extracted and unnecessary points are eliminated by two approximation procedures. One fits rectilinear polygons to the building outlines by a hierarchical adaptation of Minimum Bounding Rectangles (MBR). This works fast and reliable, but is restricted to rectangular shapes. For non-rectangular polygons, a Random Sample Consensus (RANSAC) based procedure is employed to fit straight lines. Lines are then intersected or joined.

The automatic generation of 3D building models follows the definitions of the Levels of Detail (LOD) in the CityGML standard. Three LOD are considered in this thesis. The first LOD (LOD0) consists of the extracted DTM from the LIDAR data. A prismatic model containing the major walls of the building forms the LOD1. For it, the building roof is approximated by a horizontal plane. LOD2 includes the roof structures into the model. A model driven approach based on the analysis of the 3D points in 2D projection planes is proposed to analyze the roof structure. Building regions are divided into smaller parts according to the direction and the number of ridge lines, the latter extracted using geodesic morphology. A 3D model is derived for each building part. Finally, a complete building model is formed by merging the 3D models of the building parts and adjusting the nodes after merging.

Results for test data show the potential but also the shortcomings of the approach also in comparison to related work.

Zusammenfassung

Hohe Genauigkeit und Punktdichte sind zwei bedeutende Eigenschaften von luftgestützten LIDAR-Daten, die immer besser werden. In der vorliegenden Arbeit wird ein neuartiger Ansatz zur Erzeugung von 3D-Gebäudemodellen aus LIDAR-Daten vorgestellt. Er besteht im Wesentlichen aus vier Teilen: Filterung von Flächen, die nicht auf dem Gelände liegen, Segmentierung und Klassifizierung, Approximation von Gebäudeumrissen und 3D-Modellierung.

Durch Filterung werden nicht auf dem Gelände liegende Strukturen aus den Laserdaten entfernt. Die Bildrekonstruktion mit Hilfe der geodätischen Morphologie bildet den Kern des vorgeschlagenen Algorithmus. Strukturen, die bezüglich Größe oder Form nicht gewissen Anforderungen genügen, werden unterdrückt. Durch Interpolation der auf dem Gelände liegenden Punkte mittels Filterung werden Digitale Geländemodelle (DGM) generiert. Bild-Segmentierung erzeugt die möglicherweise nicht auf dem Gelände liegenden Punkte, die einer regelbasierten Klassifizierung unterworfen werden. Deskriptoren für geometrische Merkmale basierend auf Oberflächennormalen, der lokalen Höhenvariation sowie einem Vegetationsindex werden verwendet, um die Bildsegmente als Gebäude, Bäume, oder andere Objekte, wie z.B. Stromleitungen oder Kräne, zu klassifizieren.

Nach der Klassifikation der Gebäude werden ihre Umrisse extrahiert und unnötige Punkte mit Hilfe zweier Approximationsprozeduren eliminiert. Eine passt mittels einer hierarchischen Adaption von minimalen umschließenden Rechtecken rechtwinklige Polygone an den Gebäudeumriss an. Dies funktioniert schnell und zuverlässig, ist jedoch auf rechtwinklige Grundrisse beschränkt. Für nicht-rechtwinklige Polygone wird eine "Random Sample Consensus" (RANSAC) basierte Prozedur benutzt, um Geradenstücke anzupassen. Diese Geradenstücke werden anschließend verschnitten oder verbunden.

Die automatische Erzeugung von 3D-Gebäudemodellen folgt den Definitionen der "Levels of Detail" (LOD) im CityGML Standard. Drei LOD, also Detaillierungsstufen, werden in dieser Arbeit verwendet. Der erste LOD (LOD0) besteht aus dem DGM, das aus den LIDAR-Daten extrahiert wird. Ein prismatisches Modell, welches die wichtigsten Wände des Gebäudes enthält, bildet den LOD1. Für dieses wird das Gebäudedach durch ein horizontales Ebenenstück approximiert. LOD2 nimmt die Dachstruktur in das Modell auf. Es wird ein modellgetriebener Ansatz zur Analyse der Dachstrukturen vorgeschlagen, der auf der Analyse der 3D Punkte in 2D Projektionsebenen basiert. Gebäuderegionen werden entsprechend Richtung und Zahl der Firstlinien in kleinere Bereiche unterteilt, wobei die Firstlinien mit Hilfe der geodätischen Morphologie extrahiert werden. Für jedes Gebäudeteil wird ein 3D-Modell abgeleitet. Schließlich wird ein komplettes Gebäudemodell durch Verschmelzung der 3D-Modelle der einzelnen Gebäudeteile und einer anschließenden Ausgleichung der Knoten gebildet.

Ergebnisse für Testdaten zeigen das Potential, aber auch die Schwächen des Ansatzes auch im Vergleich zu ähnlichen Arbeiten.