

Doctoral research topic

2020-11-23

Olaf Wysocki

Enrichment of 3D building models by façade elements based on point clouds and confidence values

Building models consisting of planar façades and roofs structures often represent today's 3D city models. The details of façades are visualized by textures, which however do not describe the geometric structures in vector form. The explicit representation of the façade structures is helpful for a number of tasks such as construction documentation, planning of renovation or localization of sites. For example, façade objects can serve as landmarks for vehicle localization and support autonomous driving. While the entire building shell is typically captured in the Level-of-Detail 2 (LoD2) resolution by airborne laser scanning (ALS) or aerial photogrammetry, mobile mapping using laser scanning (MLS) or photogrammetry does not provide the entire building shell, but it does enable very detailed measurements of the façades for the Level-of-Detail 3 (LoD3) building model creation. However, the challenge with the joint use of photogrammetry and MLS is to take into account different mapping geometry, visibility, and to automatically extract geometric primitives from the resulting merged 3D point clouds, and to integrate them semantically and topologically correctly into the building model.

The aim of the thesis is to enrich 3d building models by façade elements and to investigate the completeness, reliability and accuracy of the reconstruction. For this purpose, the MLS point clouds and the images are to be segmented and classified separately and, under the assumption of a known relative orientation of the sensors, the final class labels of all 3D points are to be determined from the weighted confidences of the class labels of both classifications. After a segmentation based on these new class labels, geometric primitives should be estimated from the segments. As an alternative to this strategy, a direct fusion of point clouds and images should be carried out. In this approach, the images are projected into the point cloud in order to generate a radiometric feature vector for the points. Segmentation and classification then take place on this basis. Both methods should be compared with one another with regard to their robustness and accuracy. In order to enrich the building model, the extracted geometric primitives must be assigned to respective façades of the existing building model. Objects are to be generated from the primitives in a combined top-down-bottom-up approach. In addition to a parametric object library, grammatical prior knowledge of semantics and topology is also utilized. For investigation of the methods test data will be taken around the city campus of TUM by a mobile mapping system. Building models are available as CityGML datasets. A Ground-Truth has to be generated which allows the assessment of the geometric accuracy as well as the semantic and topological correctness. In a second evaluation the accuracy of the estimated position and orientation of a vehicle should be investigated based on the enriched 3d-model.

It is expected that based on a detailed building model a higher amount and more precise landmarks are available which may result in an improvement of the vehicle positioning.

Olaf Wysocki

Anreicherung von 3D Gebäudemodellen um Fassadenelemente basierend auf Punktwolken und Vertrauenswerten

Heutige 3D-Stadtmodelle erfassen Gebäudefassaden und Dächer häufig durch planare Strukturen. Die Details von Fassaden werden durch Texturen visualisiert, beschreiben jedoch nicht die geometrischen Strukturen in Vektorform. Für eine Reihe von Aufgaben wie beispielsweise die Baudokumentation, die Planung von Sanierungsmaßnahmen oder zur Lokalisation des Standortes ist die explizite Darstellung der Fassadenstrukturen hilfreich. So können z.B. Fassadenobjekte als Landmarken zur Fahrzeuglokalisierung dienen und das autonome Fahren unterstützen. Während die gesamte Gebäudehülle in der Auflösung Level-of-Detail 2 (LOD2) typischerweise durch flugzeuggetragenes Laserscanning (ALS) oder Luftbildphotogrammetrie erfasst wird, liefert das Mobile Mapping durch Laserscanning (MLS) oder Photogrammetrie zwar nicht die gesamte Gebäudehülle, jedoch sehr detailreiche Aufnahmen der Fassaden für die Beschreibung im Level-of-Detail 3 (LOD3). Die Herausforderung bei der gemeinsamen Nutzung von Photogrammetrie und MLS besteht darin, unterschiedliche Abbildungsgeometrie und Sichtbarkeit zu berücksichtigen und aus den daraus entstandenen fusionierten 3D-Punktwolken automatisiert geometrische Primitive zu extrahieren und diese semantisch und topologisch korrekt in das Gebäudemodell zu integrieren.

Ziel der Arbeit ist es, 3D Gebäudemodelle mit Fassadenelementen anzureichern und dabei die Vollständigkeit, Zuverlässigkeit und Genauigkeit der Rekonstruktion zu untersuchen. Dazu sollen zunächst die MLS-Punktwolken und die Bilder getrennt segmentiert und klassifiziert werden und unter der Annahme einer bekannten relativen Orientierung der Sensoren die endgültigen Klassenlabels aller 3D-Punkte aus gewichteten Vertrauenswerten der Klassenlabels beider Klassifikationen bestimmt werden. Nach einer Segmentierung auf Basis dieser neuen Klassenlabels sollen geometrische Primitive aus den Segmenten geschätzt werden. Alternativ zu dieser Strategie soll eine direkte Fusion von Punktwolke und Bildern durchgeführt werden. Hierbei werden die Bilder in die Punktwolke projiziert um dort für die Punkte einen radiometrischen Merkmalsvektor zu erzeugen. Auf dieser Basis findet anschließend die Segmentierung und Klassifikation statt. Beide Verfahren sollen im Hinblick auf ihre Robustheit und Genauigkeit miteinander verglichen werden. Um eine Anreicherung des Gebäudemodells zu erreichen müssen die extrahierten geometrischen Primitive konkreten Fassaden des vorhandenen Gebäudemodells zugeordnet werden. Dabei sollen in einem kombinierten Top-Down-Bottom-Up-Ansatz aus den Primitiven Objekte erzeugt werden. Hierzu wird neben einer parametrischen Objektbibliothek auch grammatikalisches Vorwissen über Semantik und Topologie verwendet. Zur Untersuchung der Verfahren werden Testdaten mit einem Mobile Mapping System um den Campus Innenstadt der TU München erhoben. Die Gebäudemodelle stehen als CityGML Datensatz zur Verfügung. Es ist ein Ground-Truth zu erstellen, der sowohl die Überprüfung der geometrischen Genauigkeit als auch der semantischen und topologischen Korrektheit ermöglicht. In einer zweiten Evaluierung soll die Genauigkeit der Bestimmung der Position und Orientierung eines Fahrzeuges auf Basis des angereicherten 3D-Modells untersucht werden.

Es wird erwartet, dass durch ein detailliertes Gebäudemodell mehr und genauere Landmarken für die Fahrzeugpositionierung zur Verfügung stehen und dadurch diese verbessert werden kann.