

AI-based 3D detection of parked vehicles on a mobile mapping platform using edge computing

Städtische Behörden sind für die Definition und Anpassung ihrer Parkpolitik auf Grundlagedaten in Form von Parkstatistiken angewiesen. Mit der Entwicklung eines Mobile Mapping Systems und die dazugehörigen Auswerteworkflows wurde in einem Forschungsprojekt die gegenwärtig vorwiegend manuelle Erstellung von Parkstatistiken automatisiert. Im Rahmen dieser Arbeit wird die 3D-Fahrzeugdetektion unter Verwendung von Edge Computing in die Erfassungssoftware integriert. Dadurch kann die zu speichernde und transferierende Datenmenge reduziert werden und die Auswerteworkflows aufgrund wegfallender Datenschutzbeschränkungen und geringerer Datenmengen optimiert werden.

Erfassungssystem

Das von Nebiker et al. (2021) entwickelte Erfassungssystem (Abb. 1) besteht aus einem elektrischen Dreirad, zwei Low-Cost RGB-D-Kameras *Intel RealSense D455*, einer GNSS- und IMU-basierten Navigationseinheit *SiwftNav Piksi Multi* und einem Einplatinencomputer *NVIDIA Jetson TX2* (Abb. 1, rotes Rechteck).

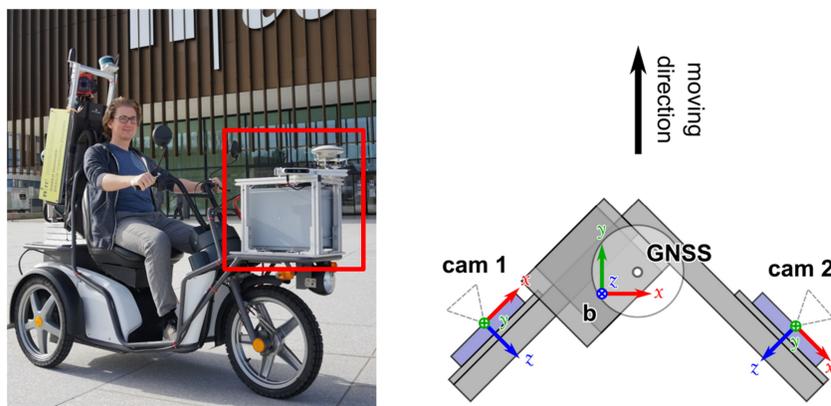


Abb. 1: Von Nebiker et al. (2021) entwickeltes Erfassungssystem (links); Skizze der Sensormontage (rechts).

Problemdefinition & Ziel

Mithilfe künstlicher Intelligenz (KI) werden die Autos, in den aus Tiefenkarten gewonnenen Punktwolken, dreidimensional detektiert (Abb. 3, oben rechts) und daraus Parkstatistiken abgeleitet. Diese Lösung beruht jedoch auf aufwändigen Nachbearbeitungsschritten, die die Erfassung, Übertragung und Anonymisierung großer Datenmengen erfordern. Edge Computing ermöglicht durch die Datenverarbeitung in unmittelbarer Nähe der Erfassungsgeräte geringe Latenzzeiten, minimaler Datentransfer und Schutz der Privatsphäre. Ziel dieser Arbeit ist die Integration der 3D-Fahrzeugdetektion in die Erfassungssoftware unter Verwendung von Edge Computing. Weiter soll der Auswerteworkflow vereinfacht und optimiert werden.

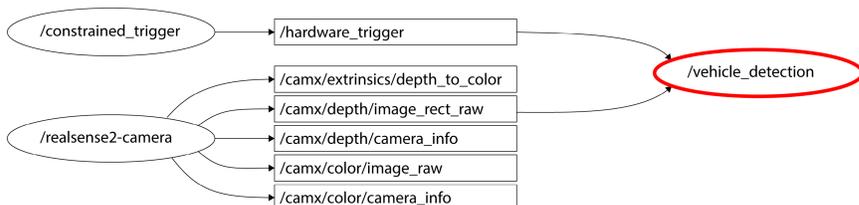


Abb. 2: Graph-Darstellung der erweiterten Erfassungssoftware. Rot hervorgehoben ist der neue «vehicle_detection» Node für die 3D-Fahrzeugdetektion.

Referenzen:

- Nebiker, S., Meyer, J., Blaser, S., Ammann, M., & Rhyner, S. (2021). Outdoor Mobile Mapping and AI-Based 3D Object Detection with Low-Cost RGB-D Cameras: The Use Case of On-Street Parking Statistics. *Remote Sensing*, 13(16), 3099. <https://doi.org/10.3390/rs13163099>
- Quigley, M., Conley, K., Gerkey, B., Faust, J., Foote, T., Leibs, J., ... Mg, A. (2009). ROS: an open-source Robot Operating System. *ICRA*, 3, 5. <https://doi.org/http://www.willowgarage.com/papers/ros-open-source-robot-operating-system>
- Shi, S., Wang, Z., Shi, J., Wang, X., & Li, H. (2020). From Points to Parts: 3D Object Detection from Point Cloud with Part-aware and Part-aggregation Network. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 1. <https://doi.org/10.1109/tpami.2020.2977026>

Untersuchungen & Erweiterung der Erfassungssoftware

Zunächst wurde der Einfluss der Eingabe-Punktwolken auf verschiedene punktwolkenbasierte 3D-Objektdetektionsmethoden hinsichtlich der Inferenzzeit und der Detektionsqualität untersucht und anhand der Resultate der beste Objektdetektor ermittelt. Dazu wurden die ursprünglichen Tiefenkarten der RGB-D-Kameras unterschiedlich stark ausgedünnt, geglättet und in Punktwolken umgewandelt (Abb. 3). Weiter wurden die Inferenzzeiten des ausgewählten Objektdetektors auf dem Jetson TX2 untersucht. Basierend auf den gewonnenen Resultaten wurde die bestehende, auf dem Robot Operating System (ROS) (Quigley et al., 2009) aufbauende, Erfassungssoftware um den «vehicle_detection» Node erweitert (Abb.2). Der «vehicle_detection» Node kann in die Phasen Initialisierung und Erfassung unterteilt werden.

Initialisierungsphase

- Lesen der Steuerparamete
- Initialisierung DNN-Modell
- Erstellung Speicherverzeichnis
- Topics abonnieren
- Testdatenprozessierung

Erfassungsphase

- Zuordnung Trigger-Event zu Tiefenkarte
- Aufbereitung Punktwolke (Abb. 3)
- 3D-Fahrzeugdetektion (Abb. 3, o. r.)
- Speicherung Detektionsresultate

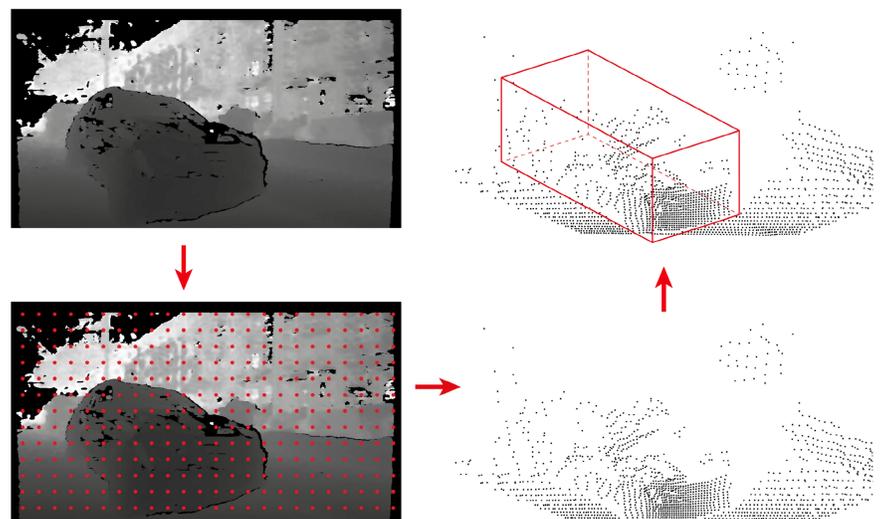


Abb. 3: Schematische Skizze der Punktwolkenaufbereitung und 3D-Fahrzeugdetektion (o. l. Tiefenkarte, u. l. Tiefenkarte mit selektierten Pixeln für Überführung in Punktwolke, u. r. Punktwolke, o. r. in der Punktwolke detektiertes Auto in Form einer 3D-Bounding Box)

Resultate

Für die 3D-Fahrzeugdetektion innerhalb der Erfassungssoftware wurde hinsichtlich Inferenzzeit und Detektionsqualität der Objektdetektor Part-A² Net Anker-frei (Shi et al., 2020) ausgewählt. Die entwickelte Erfassungssoftware erreicht auf dem Jetson TX2 eine Verarbeitungsgeschwindigkeit von 2 Frames per Second (FPS) und verfehlt somit die angestrebten 5 FPS deutlich. Die Detektionsqualität liegt mit einem F1-Score von 97% im erwarteten Bereich. Durch die Erweiterung der Erfassungssoftware konnte die generierte Datenmenge von 75 MB pro Kamera und Sekunde auf 0.25 KB pro Kamera, FPS und Sekunde reduziert werden. Dies entspricht bei 5 FPS einem Reduktionsfaktor von 60'000.