

Exposé

zur Masterarbeit

Loop Closure in TSDF basiertem SLAM

Patrick Hoffmann

März 2022

1 Ziel der Arbeit

Simultaneous Localization and Mapping (SLAM) ist eines der größten Forschungsgebiete in der mobilen Robotik. Dabei wird ein Sensor-System in eine unbekannte Umgebung platziert, mit dem Ziele diese zu kartieren. Dazu wird das System durch die Umgebung bewegt, während das Sensorsystem Umgebungsdaten aufnimmt und diese verarbeitet. Zur Aufnahme der dreidimensionalen Umgebungsdaten wird in den meisten Fällen ein Laserscanner oder eine Tiefenbildkamera verwendet, die die Oberfläche der Umgebung abtasten und so viele Oberflächenpunkte berechnen. Die Menge aller Oberflächenpunkte für einen Scan wird auch Punktwolke genannt.

Um aus den resultierenden Datenmengen eine Karte generieren zu können, muss berechnet werden, wie sich die Position des Sensorsystems zwischen zwei aufeinanderfolgenden Datenscans verändert hat. Nur so können die verschiedenen Datenmengen miteinander assoziiert werden. Diese Arbeit beschäftigt sich mit 3-dimensionalen Umgebungen, weshalb hier sowohl drei Richtungsänderungen, als auch 3 Rotationsänderungen zu beachten sind. Ziel ist dementsprechend die Berechnung einer 6D-Positionsänderung zwischen zwei aufeinanderfolgenden Positionen des Sensorsystems. Dieses Problem wird SLAM genannt, da zur Kartierung immer auch eine Lokalisierung des Sensorsystems in der Umgebung notwendig ist. Zur Lösung des Problems gibt es viele verschiedene Ansätze. Die meisten dieser Ansätze nutzen Messeinheiten wie *Inertial Measurement Units (IMU's)*, um die Rotationsänderung des Systems abschätzen zu können und im Anschluss daran eine Funktion zur Fehlerminimierung.

Die Bestimmung aufeinanderfolgender Positionen ist trotz Minimierung der Fehler weiterhin fehlerbehaftet. Diese Fehler pflanzen sich durch den gesamten Kartierungsprozess hindurch fort. Das heisst, dass der Fehler umso grösser wird, je länger die Kartierung andauert. Besonders Fehler bei der Abschätzung der Rotation können für die Karte weitreichende Probleme erzeugen.

[insert Bild von paper her]

Um dieser Fehlerfortpflanzung entgegen zu wirken, gibt es das sogenannte *Loop Closing*. Ziel ist es hier, zu erkennen, dass das Sensorsystem an einer bestimmten Stelle schon einmal gewesen ist, also ein geschlossener Kreis vorliegt. Dadurch kann festgestellt werden, wie gross der angehäufte Positionierungsfehler zwischen dem Anfang und Ende des geschlossenen Kreises ist, sowie eine Fehlerminimierung *Global Relaxation* vorgenommen werden. Grundvoraussetzung für das Loop Closing ist die Existenz eines Pose-Graphen, der alle 6D-Posen enthält, die während des SLAM berechnet wurden. Für jede der 6D-Posen muss eine Daten-Assoziation gegeben sein, die die Pose mit den zugehörigen Umgebungsdaten verbindet. Dies stellt allerdings ein Problem für *Truncated Signed Distance Function (TSDF)*-basierte SLAM-Ansätze, wie den der FastSense Projektgruppe der Universität Osnabrück dar. Hier ist diese Datenassoziation nicht ohne Weiteres gegeben, da keine Punktdaten miteinander verglichen werden, sondern neue Punktdaten mit einer bereits erstellten TSDF-Karte, die inkrementell erweitert wird. Wird nun ein Schleifenschluss gefunden, existiert nur ein Pose-Graph und die TSDF-Karte zu diesem Zeitpunkt. Diesem Problem widmet sich diese Arbeit. Eine mögliche Lösung besteht darin, die Punktdaten zu den jeweiligen Posen jeweils auf der Festplatte zu speichern und im Falle eines Schleifenschlusses jeweils zum passenden Zeitpunkt in den Arbeitsspeicher zu laden und im Anschluss auf Basis der neuen Posen die TSDF-Karte neu zu generieren. Dieser Ansatz ist korreliert allerdings mit grossem Speicher- und Zeitaufwand. Stattdessen beschäftigt sich diese Arbeit damit, ob die Datenassoziation zwischen Posen und Umgebungsdaten auf andere Weise erzielt werden und die Karte nach Anpassung der Posen entsprechend angepasst werden kann. Hierzu werden mehrere Ansätze evaluiert und miteinander verglichen.

2 Arbeitsplan