

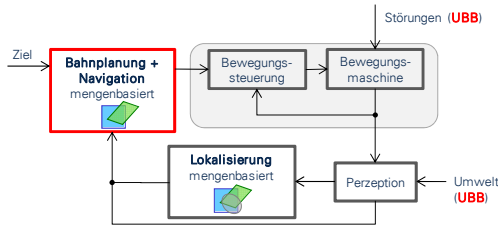
Mengenbasierte Navigation eines mobilen Roboters mit garantierter Kollisionsfreiheit

Motivation und Aufgabenstellung

Zur sicheren, kollisionsfreien Navigation einer bewegten Plattform in unbekanntem bzw. dynamischen Umgebungen muss der eingesetzte Algorithmus zum einen in der Lage sein, einen der Aufgabe entsprechenden Pfad zu generieren und zum anderen auf mögliche unvorhergesehene Hindernisse in Echtzeit reagieren zu können. Globale Pfadplanungsalgorithmen setzen hier im Allgemeinen bekannte Hindernispositionen voraus, d.h. dynamische Änderungen der Umwelt können nicht berücksichtigt werden. Im Gegensatz dazu arbeiten die Verfahren zur dynamischen Hindernisvermeidung mit aktuell aufgenommenen Messwerten. Dies ermöglicht zwar die Erkennung und Vermeidung von Kollisionen in Echtzeit, jedoch sind diese Algorithmen anfällig für lokale Minima.

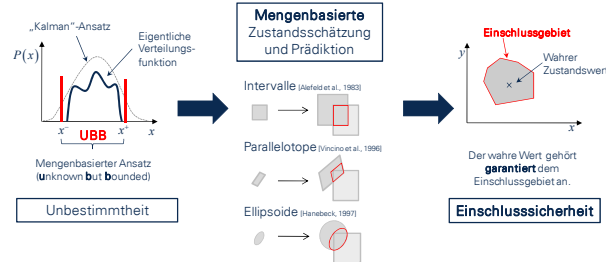
Aufgabe: robuste, schnelle und sichere Bahnplanung und Navigation für einen mobilen Roboter in dynamischen Umgebungen mit gesicherter Kollisionsfreiheit

Lösung: mengenbasierte Dynamic-Window-Bahnplanung für Systeme mit UBB (unknown but bounded) Unbestimmtheiten



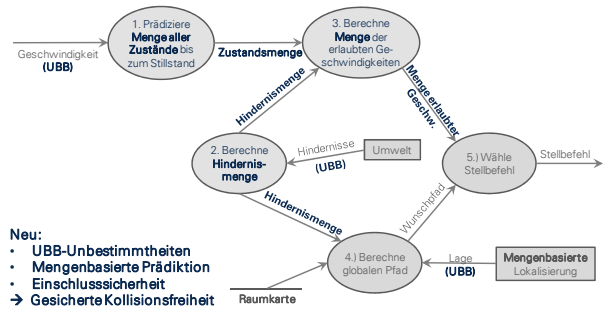
Die Mengenbasierte Beschreibung

Zur Beschreibung der auftretenden Unbestimmtheiten wird im Allgemeinen ein stochastischer Ansatz (Kalmanfilter) gewählt. Dies ist allerdings nur dann sinnvoll, wenn von normalverteilten Unbestimmtheiten ausgegangen werden kann. In anderen Fällen bietet sich ein allgemeingültiger mengentheoretischer Ansatz an. Hier werden unter der Voraussetzung, dass die den Unbestimmtheiten zu Grunde liegenden Verteilungen zwar unbekannt, aber begrenzt sind, geometrische Eigenschaften der Unbestimmtheiten verwendet und diese als konvexe Mengen beschrieben. Dieser Ansatz ermöglicht die Berechnung von einem garantierten Einschussgebiet für die Zustandsschätzwerte, das heißt der wahre Zustandsvektor liegt garantiert innerhalb der aus den fehlerbehafteten Systemgrößen geschätzten Zustandsmenge.



Die mengenbasierte Bahnplanung und Navigation

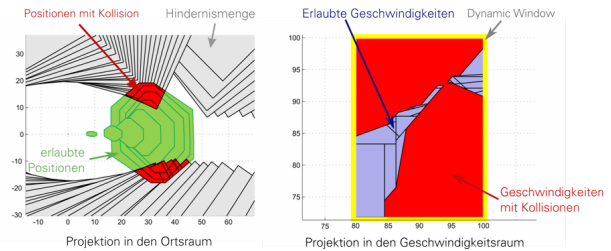
Der mengenbasierte Navigationsalgorithmus SGDWA (set-based global dynamic window approach) [2] stellt eine mengentheoretische Erweiterung des GDWA (global dynamic window approach) [1] dar. Das Ziel ist die robusteste Berechnung der Stellbefehle des Roboters in einer teilweise unbekanntem, dynamischen Umgebung ohne Hinderniskontakt unter Einbeziehung möglicher beschränkter Modell- und Messfehler sowie den bekannten dynamischen sowie kinematischen Beschränkungen der bewegten Plattform. Der SGDWA-Algorithmus umfasst folgende Schritte:



Kontakt



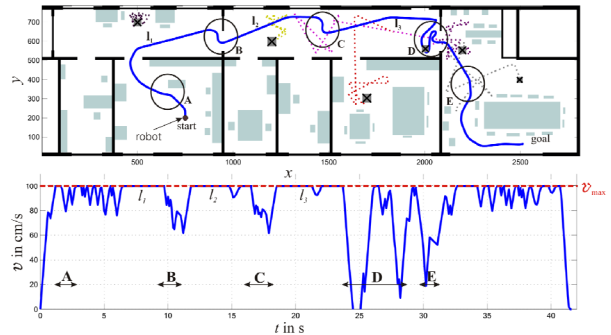
1. Unter Zuhilfenahme des kinematischen Modells, der dynamischen Beschränkungen, der auftretenden Fehler (Mess-, Linearisierungs- und Modellierungsfehler) und den aktuellen Robotergergeschwindigkeiten wird die Menge aller Zustände des Roboters präzisiert, die die Plattform nach einem Beschleunigungsschritt und anschließenden vollständigen Abbremsen einnehmen kann.
2. Ausgehend von den Entfernungsmessungen des Laserscanners, den dazugehörigen Unbestimmtheiten sowie dem Außendurchmesser des Roboters wird eine Hindernismenge berechnet, die alle Positionen enthält, die der Roboter nicht einnehmen darf.
3. Die Menge der erlaubten Geschwindigkeiten ergibt sich aus der Projektion der Differenz der Zustandsmenge mit der Hindernismenge in den Geschwindigkeitsraum. Sie enthält alle die Geschwindigkeiten, die der Roboter einnehmen kann ohne mit einem dynamischen oder statischen Hindernis zu kollidieren.
4. Mit Hilfe einer einfachen Raumkarte, den Zielkoordinaten und der geschätzten aktuellen Position des Roboters (Schätzung erfolgt mit Hilfe eines mengenbasierten Lokalisierungssystem [3,4]) wird ein geometrischer Wunschkpfad ermittelt.
5. Die neue Sollgeschwindigkeit des Roboters wird so aus der Menge der erlaubten Geschwindigkeiten ausgewählt, dass sich der Pfad des Roboters möglichst dem berechneten Wunschkpfad annähert.



Fazit

Der vorgestellte Algorithmus erlaubt die garantiert kontaktfreie Navigation eines mobilen Roboters in einer teilweise unbekanntem Umgebung mit statischen und dynamischen Hindernissen. Hierbei können auch Unbestimmtheiten der Messwerte, verschiedener Parameter des Roboters sowie Modellierungsungenauigkeiten (Linearisierungs- bzw. Diskretisierungsfehler) mit in die Berechnung einbezogen werden.

Der SGDWA-Algorithmus wurde anhand einer zweidimensionalen Robotersimulationsumgebung in Matlab erfolgreich getestet. Es zeigt sich, dass auch bei einem mit Unbestimmtheiten behafteten System eine garantierte Kollisionsfreiheit unter Beibehaltung einer hohen Durchschnittsgeschwindigkeit erreicht werden kann. Weitere Experimente mit einer realen Roboterplattform sollen diese Aussage weiter untermauern.



Referenzen

- [1] O. Brock; O. Khatib, "High-speed navigation using the global dynamic window approach", Proceedings of the IEEE International Conference on Robotics & Automation, 1999
- [2] S. Horn; K. Janschek, "A set-based global dynamic window algorithm for robust and safe mobile robot path planning", Proceedings of the Joint 41th International Symposium on Robotics and 6th German Conference on Robotics, 2010
- [3] S. Horn; K. Janschek, "A multi-model set membership estimator for mobile robot localization", Proceedings of the Joint Conference on Robotics ISR/Robotik 2006, VDI Berichte 1956-0090, 2006.
- [4] S. Horn; K. Janschek, "A multi-model set membership estimator for mobile robot localization - experimental results", Proceedings of the 7th Conference on Mobile Robots and Competitions, 2007