

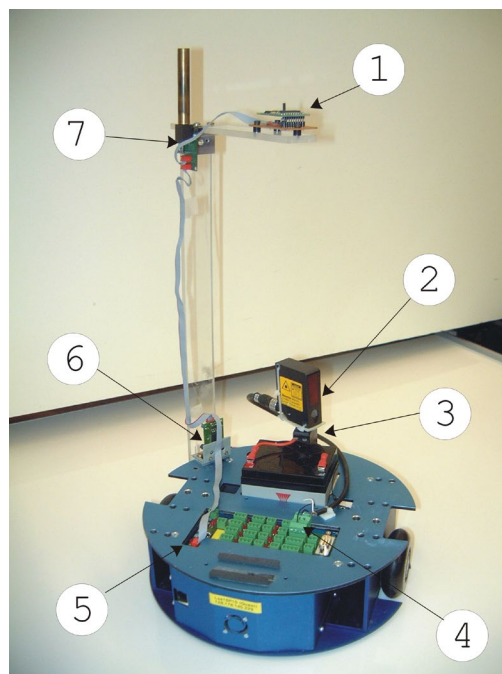
Interdisziplinäre Ingenieurausbildung an der Zürcher Hochschule Winterthur (ZHAW)

Markus Thaler und Roland Büchi

Mechatronische Systeme spielen in der Technik eine immer bedeutendere Rolle. Sie entstehen aus der engen Verbindung der Ingenieurdisziplinen Maschinenbau, Elektronik, Systemtechnik und Informationstechnologie. Der folgende Beitrag zeigt am Beispiel der Navigationsplanung für einen autonomen mobilen Roboter, dass heute bei vielen technischen Problemstellungen Kenntnisse aus allen genannten Gebieten benötigt werden.

Rahmenbedingungen

Damit ein mobiler Roboter in einer für ihn unbekanntem Umgebung von einem Start- zu einem Zielpunkt navigieren kann, benötigt er einerseits geeignete Sensoren und Aktoren und andererseits intelligente Algorithmen für die Auswertung der Sensordaten. Im vorgestellten Projekt werden in einem Testgebiet ein Start- und Zielpunkt festgelegt, zusätzlich dienen zwei an der Decke montierte Leuchten als Navigationshilfen (sogenannte Landmarken). Dazwischen gibt es eine unbekannte Anzahl von Hindernissen, die vom Roboter erkannt und geeignet umfahren werden müssen. Ausserdem soll ein Abbild der umfahrenen Hindernisse erstellt werden, damit ein eventuelles Manövrieren in Sackgassen bei der nächsten Fahrt verhindert werden kann.



Figur 1: SmartEase, EPF Lausanne

Der Roboter

Als Roboter wird die SmartEase (Figur 1) Plattform der EPF Lausanne verwendet. Sie wird mit einem beweglichen Laserdistanzsensoren (2, 3), einem Solid State Kompass (1) und einer Linearkamera (7) ausgestattet. Auf einen GPS Sensor wird explizit verzichtet, um auch Indoor-Anwendungen zu ermöglichen. Das

Ausgangssignal des Distanzsensors und sein Drehwinkel werden über A/D-Wandler (4) eingelesen, die restlichen Sensoren werden über einen I²C-Bus angesteuert. Die zurückgelegte Wegstrecke kann mit Hilfe der Encoder an den beiden Abtriebsmotoren bestimmt werden und die Landmarken werden mit einer Linearkamera erfasst. Als Rechner steht auf der SmartEase Plattform ein PC104 mit einem Embedded Linux zur Verfügung.

Definition des Testgebietes

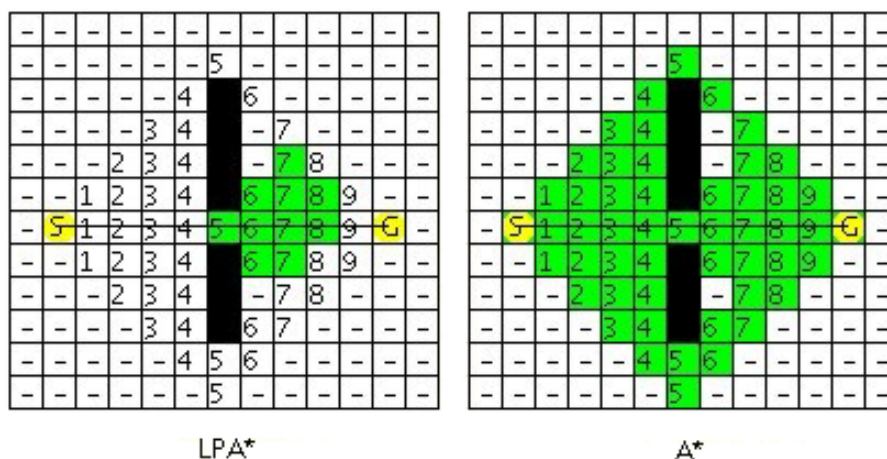
Als Testgebiet wird eine etwa 3m x 5m grosse Fläche gewählt. Für den Roboter wird diese Fläche als Karte mit einem quadratischen Raster (Seitenlänge 7.5cm) definiert. Die Karte enthält einen Start- und einen Zielpunkt und kann je nach Anforderung mit Landmarken und der Position von bereits bekannten Hindernissen ergänzt werden. Die Landmarken lassen sich durch weitere Parameter wie Kompassrichtung, Helligkeit, etc., charakterisieren

Sensorik

In einem ersten Schritt wurden die Sensoren auf Ihre Eignung für das Erkennen von Hindernissen für die Positionsbestimmung innerhalb des Testgebietes überprüft. Dabei hat sich gezeigt, dass der Kompass für eine kontinuierliche Navigation nicht geeignet ist, weil die gemessene Richtung zu stark von der aktuellen Position abhängt (Störungen im Magnetfeld). Aus diesem Grund werden die Kompassdaten nur für die Ausrichtung des Roboters bei den Landmarken verwendet.

Navigation

Gemäss Aufgabenstellung muss der Roboter ein Ziel innerhalb des Testgebietes autonom anfahren können. Bei der Planung der Route können bereits bekannte Hindernisse und Landmarken berücksichtigt werden. Während des Abfahrens des geplanten Weges müssen jedoch unbekannte Hindernisse erkannt, in die Karte aufgenommen und die kürzeste Route zum Ziel erneut bestimmt werden. Für die Bestimmung des kürzesten Weges zwischen einem Ausgangspunkt und dem Ziel, wird der A* Algorithmus und die zwei abgeleiteten Algorithmen LPA* und D* Lite verwendet [1], [2].



Figur 2: LPA* und A* Algorithmus

Diese Algorithmen werden z.B. in Computerspielen oder in der Raumfahrt zum Navigieren auf unbekanntem Planeten verwendet. Grundsätzlich basieren die Algorithmen auf Karten mit einer rechteckigen Gitterstruktur. Für die Bestimmung der optimalen Route werden jeweils die Kosten für den Übergang von einem Feld zum

nächsten Feld in Richtung Ziel verwendet. Im vorliegenden Beispiel werden diese Kosten als konstant angenommen. Der A*-Algorithmus berechnet eine vollständige Route zwischen Start und Ziel, was natürlich sehr ineffizient ist, wenn sich nur ein kleiner Teil der Karte ändert. LPA* und D* Lite sind zwei Erweiterungen des A*-Algorithmus, die den Rechenaufwand für eine Neuberechnung der optimalen Route erheblich verringern. Fig. 2 zeigt anhand eines Beispiels aus der Literatur, welche Felder durch A* resp. LPA* neu berechnet werden müssen, wenn z.B. in einem Hindernis ein Durchgang gefunden wurde. In der Anwendung erweisen sich die vorgestellten Algorithmen als sehr robust und recheneffizient. Der Roboter findet nachweislich den kürzesten Weg zwischen zwei Landmarken und zeichnet die erkannten Hindernisse in seine Karte ein. Fährt er dabei in eine Sackgasse und muss deshalb umdrehen, vermeidet er diesen Weg bei der nächsten Fahrt aufgrund der erstellten Karte.

Einbettung in die Lehre

Das Mechatronik-Studium an der ZHW vermittelt ein breit angelegtes solides Grundlagenwissen und Fachkompetenzen, die zu verschiedenen Tätigkeiten im Gebiet der Mechatronik befähigen, so z.B. in der Produktentwicklung, Produktherstellung, Projektmanagement, oder im Betrieb und Unterhalt Mechatronischer Systeme als Beispiele [3], [4].

Das Ziel des Studienangebots in Mechatronik ist es, Ingenieure auszubilden, deren Fähigkeiten sich nicht nur auf ein Gebiet beschränken. Sie sollen in einem breiten Bereich von Technikdisziplinen arbeiten und falls notwendig, Verbindungen zu Ingenieuren mit Spezialistenkenntnissen herstellen können. In praktischen Arbeiten während des 5. und 6. Semesters werden die theoretischen Grundlagen in je einer Projektarbeit vertieft und anschliessend mit einer 8-wöchigen Diplomarbeit abgeschlossen. Die Bearbeitung der hier vorgestellten Problemstellung erfolgte im Rahmen einer Diplomarbeit [5].

Literatur

- [1] Amit J. Patel, Game Programming, www-cs-students.stanford.edu/~amitp/gameprog.html.
- [2] Maxim Likhachev, Sven Koenig, Lifelong Planning for Mobile Robots, Lecture Notes in Artificial Intelligence, Vol. 2466, Springer, pp. 140-156, 2002.
- [3] Buechi, Roland, et al. "Fully autonomous mobile mini-robot." Microrobotics and Micromechanical Systems. Vol. 2593. International Society for Optics and Photonics, 1995.
- [4] Buchi, Roland, et al. "A remote controlled mobile mini robot." MHS'96 Proceedings of the Seventh International Symposium on Micro Machine and Human Science. IEEE, 1996
- [5] D. Riedweg, H. Zürcher, MobiRob, ein mobiler autonomer Roboter, Diplomarbeit ZHW, Herbst 2004.
- [6] Büchi, Roland. Modellierung und Regelung von Impact Drives für Positionierungen im Nanometerbereich. Diss. ETH Zurich, 1996.