

Hindernisumfahrung eines autonomen Roboters in einer unbekanntem statischen Umgebung.

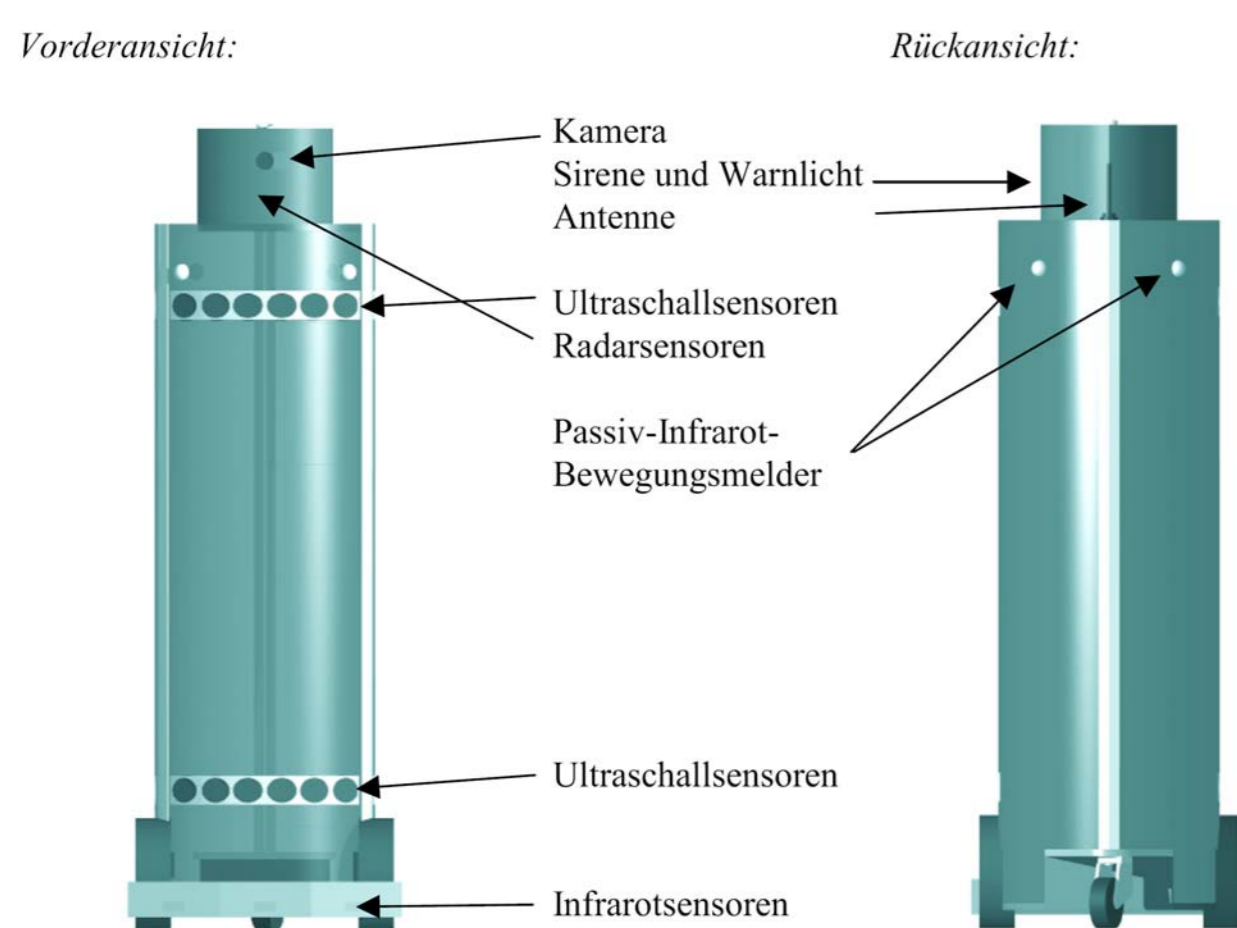


Diplomarbeit, vorgelegt von Ronny Menzel

Aufgabenstellung:

Ziel dieser Arbeit ist die Darstellung und der Vergleich verschiedener Hindernisumfahrungsstrategien, sowie die Konzeption und Implementierung einer Kollisionsvermeidungs- und Hindernisumfahrungsstrategie für den Wachschutzroboter Mosro. Da der Roboter den Überwachungsweg in einer statischen Umgebung zurücklegt, können dynamische Objekte bei der Umfahrung vernachlässigt werden. Die Hindernisumfahrung soll möglichst einfach und in der Praxis einsetzbar sein, dabei aber die bauartbedingten Eigenschaften des Roboters berücksichtigen.

Wachschutzroboter Mosro:



Quelle: Robowatch 2004.

Anforderungen an die Hindernisumfahrung:

- Der Roboter umfährt das Hindernis selbstständig ohne zusätzliche Steuerung von außen.
- Während der Umfahrung muss jegliche Kollision mit einem Objekt verhindert werden.
- Nach erfolgreicher Umfahrung setzt der Roboter die Überwachung auf dem vorher festgelegten Weg fort
- Ist eine Hindernisumfahrung nicht möglich kehrt der Roboter zur Position zurück, an der die Hindernisumfahrung aufgerufen wurde.
- Die Implementierung der Hindernisumfahrung soll robust, einfach und fehlerresistent sein und dabei wenig Ressourcen beanspruchen.

Bauartbedingte Eigenschaften des Roboters:

Der Roboter kann nur Translation oder Rotation ausführen. Eine Trajektorie als Kombination von Rotation und Translation ist nicht möglich. Das bedeutet, dass der Roboter vor jeder Drehung gestoppt werden muss. Des Weiteren sind keine kreisbogenförmigen Bewegungen möglich.

Aktuelle Hindernisumfahrungsstrategien:

In der Robotik gibt es eine Vielzahl unterschiedlicher Ansätze zur Hindernisumfahrung. Diese Strategien sind vorwiegend auf die Hardware des eingesetzten Roboters, mit den verschiedenen Sensoren und Bewegungseinschränkungen, sowie der Umwelt angepasst.

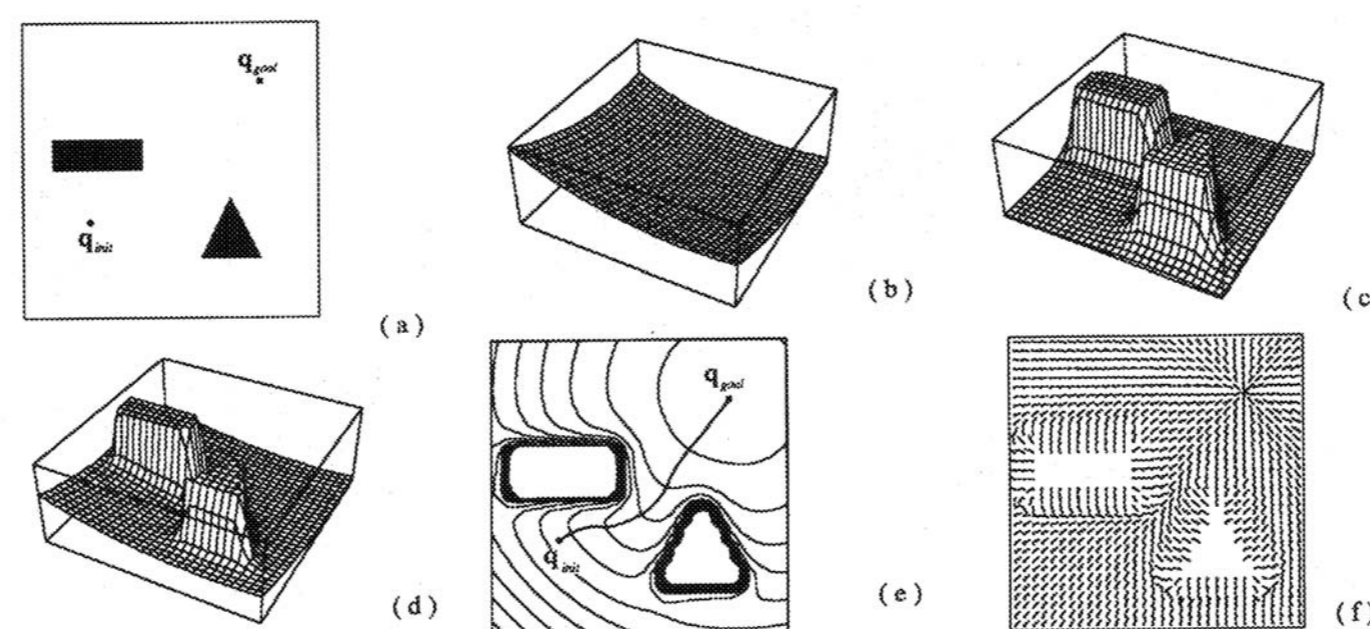
Eine einfache aber effektive Strategie zur Hindernisumfahrung stellt die Potentialfeld-Methode dar.

- Vorteile:
- leichte Implementierbarkeit
 - schneller und einfacher Algorithmus
- Nachteile:
- Oszillation zwischen engen Passagen finden einer Gasse zwischen mehreren Hindernissen
 - es treten lokale Minima auf, in denen der Roboter stecken bleibt, weil keine nachfolgende Position bestimmt werden kann

Bei der Potentialfeld-Methode, wird die Umgebung des Roboters mit einem künstlichen Kraftfeld gefüllt. Der Roboter bewegt sich entsprechend der künstlichen Krafrichtung in diesem Feld.

In dem künstlichen Kraftfeld besitzt das Ziel anziehendes und die Hindernisse abstoßendes Potential. Diese abstoßende Kraft hält den Roboter auf Distanz zum Hindernis.

Diese abstoßenden und anziehenden Kräfte werden zu einem Gesamtfeld summiert. In jedem Punkt der Umwelt ist durch das künstliche Potentialfeld ein Richtungsvektor definiert. Der Richtungsvektor an der aktuellen Position bestimmt die Bewegungsrichtung des Roboters.



Potentialfeld: $q(\text{init})$ Startposition, $q(\text{goal})$ Zielposition
 a: Umwelt mit Start-/ Zielpunkt und 2 Hindernissen,
 b: anziehende Kraft des Zieles,
 c: abstoßende Kräfte der Hindernisse
 d: Kombination der anziehenden und abstoßenden Kräfte,
 e: resultierender Bewegungsablauf,
 f: Kraftfeld symbolisiert durch Pfeile in der Ebene

Quelle: Latombe, 1991.

Die Potentialfeld-Methode wird in den Grundzügen in vielen Hindernisumfahrungsstrategien verwendet. Durch Kombination mit weiteren Methoden wird versucht die Nachteile der Potentialfeld-Methode zu reduzieren.

Auswahl der Hindernisumfahrungsstrategie:

Das Hauptproblem bei der Hindernisumfahrung ist, dass der Roboter für jede Rotation, d.h. für jede Richtungsänderung gestoppt werden muss. Dies führt bei allen analysierten Hindernisumfahrungsstrategien zu einer sehr unruhigen Bewegung, welche durch häufiges Stoppen, Drehen und Beschleunigen unterbrochen wird. Aus diesem Grunde wurde eine spezielle Hindernisumfahrungsstrategie für den Wachschutzroboter Mosro entwickelt.

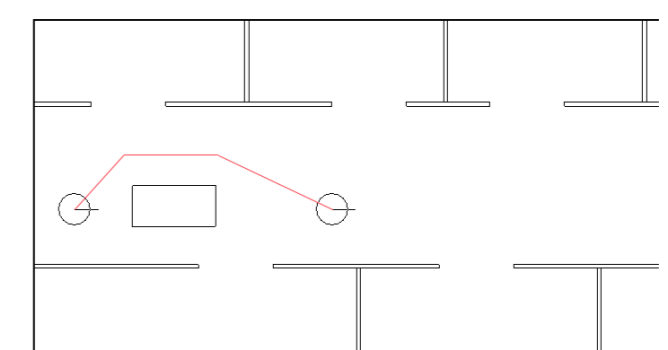
Implementierung:

Die optimale Lösung ist, das Hindernis mit wenigen, langen, geraden Strecken zu umfahren. So ist der Aufwand zur Speicherung des Rückweges gering. Diese Hindernisumfahrungsstrategie führt zu einer gleichmäßigen und ruhigen Bewegung des Roboters.

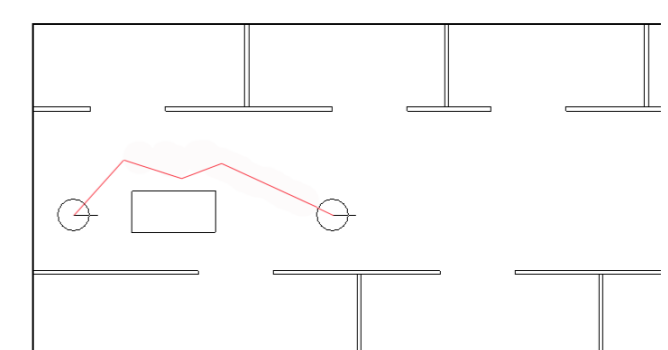
Trifft der Roboter auf ein Hindernis, welches die aktuelle Zielrichtung blockiert, wird eine neue Zwischenposition in einem hindernisfreien Bereich ausgewählt. Dazu wird eine Tangente an das künstlich aufgeblähte Hindernis angelegt. Mit Hilfe von Vektor- und Dreiecksberechnung kann die Zwischenposition sowie die neue Zielrichtung berechnet werden. Die Auswahl einer Zwischenposition erfolgt durch eine Bewertungsfunktion.

Ergebnisse:

Die Hindernisumfahrung wurde sowohl im Mosro, als auch in Saphira implementiert. In beiden Implementierungen zeigt der Algorithmus nahezu dasselbe Verhalten.



Verhalten des Mosros in der Praxis: Der Mosro umfährt ein einzelnes Hindernis im Normalfall in 3 Schritten.



Verhalten des Saphira Simulators: Der Roboter umfährt das Hindernis in 4 Schritten. Das abweichende Verhalten zwischen Praxis und Simulator ist bedingt durch die Messwerte der Sonarsensoren im Simulator.