

Verkehrssimulation mit Dezibots

Projektbeschreibung

Ziel des Projekts ist die Simulation von Verkehr mittels einem oder mehrerer Dezibots auf einer vorgegebenen Strecke.

Dabei fährt jeder Dezibot eine visuell vorgegebene Strecke entlang, die Darstellung erfolgt durch aufgedruckte Streifen auf dem Untergrund, wobei die Kreuzung selbst farbig markiert ist und eine Fläche kurz vor der Kreuzung dient als Indikator für die Kreuzung und gibt das Verhalten an dieser vor. Die normale Fahrbahn ist zweigeteilt, sodass Abweichungen erkannt werden können.

An Kreuzungen reagiert der Roboter angemessen, indem er auf die aktuelle Ampelschaltung achtet oder falls diese nicht aktiv ist, die Rechts-vor-links-Regel beachtet. Auch während der Fahrt werden Kollisionen mit Hindernissen bzw. anderen Verkehrsteilnehmern verhindert.

Umsetzung

Das Ziel wird erreicht, indem die Anforderungen aufgeteilt werden, wobei ein Großteil der Funktionalität auf der Erkennung der Fahrbahnmarkierungen basiert.

Kalibrierung

Die Erkennung wird mittels des RGBW-Farbsensor implementiert.

Zunächst werden durch Kalibrierung die unterschiedlichen Linienarten bekannt gemacht, indem der Dezibot manuell auf die unterschiedlichen Untergründe gesetzt und auf bzw. an diesen bewegt wird.

Das genaue Verfahren kann dem Quellcode entnommen werden.

Folgen einer Linie

Die normale Fahrbahn besteht aus zwei unterschiedlichen Farbstreifen, dabei wird versucht diese möglichst mittig abzufahren und die Richtung der Abweichungen durch die Farben am Boden zu erkennen und gegenzusteuern. Sollte der Roboter zu stark von der Linie abweichen, sodass er die Farbe der Freifläche erkennt bzw. manuell dorthin gestellt werden, bleibt er stehen bis er wieder einen relevanten Untergrund erkennt.

Vermeiden von Kollisionen

Mittels der kombinierten Nutzung der nach vorne scheinenden IR-LED und dem in die selbe Richtung gerichteten IR-Sensoren wird regelmäßig überprüft, ob der Fahrtweg frei ist oder durch ein Hindernis blockiert wird. Dieses Verfahren wird auch zur Erkennung anderer Verkehrsteilnehmer an der Kreuzung verwendet.

Verhalten an der Kreuzung

Wie bereits beschrieben werden die Kreuzungen an zwei verschiedenen Punkten indiziert. Auf der Kreuzung selbst mittels eines farbigen Quadrats, welcher als Auslöser der Kreuzungsüberquerung (Geradeaus oder links Abbiegen) dient.

Ein Stück weiter vorne wird die Kreuzung aus allen Richtungen bereits mittels eines Streifens angekündigt, der einen von 3 Zustände entspricht und das Verhalten bestimmt:

“Rote” Ampel

Der Dezibot erkennt das Stoppsignal und bleibt auf der Markierung stehen bis ein anderes Verkehrszeichen erkannt wird.

“Grüne” Ampel

Der Dezibot erkennt, dass er die Kreuzung überqueren darf, fährt entsprechend ohne anzuhalten weiter.

Vorfahrts-Regel

Der Dezibot verhält sich zunächst wie bei einem Stoppsignal und hält an, dreht sich leicht nach rechts, um zu prüfen ob ein anderer Teilnehmer an der Kreuzung wartet (ähnlich wie beim Vermeiden von Kollisionen). Ist dies der Fall wird solange gewartet bis dieser nicht mehr erkannt wird, dann wird sich zurück in die ursprüngliche Fahrtrichtung gedreht und nach Sicherstellung, dass der Dezibot nicht noch auf der Kreuzung ist, wird diese überquert. Und somit wird die Rechts-vor-links-Regel eingehalten.

Einschränkungen

Die aktuelle Umsetzung ist darauf ausgelegt, dass alle Dezibots in dieselbe Richtung fahren da, wenn sie einander entgegenkommen würden, es zum Stillstand käme, bis einer der beiden verschwunden ist, was aktuell nur durch manuellen Eingriff möglich ist. Es könnte aber gut mit dem Verfahren vom Projekt “DeziBot-CollisionAvoidance” kombiniert werden, sodass sich entgegenkommende Dezibots automatisch ausweichen. Bis dahin ist das Rechtsabbiegen an der Kreuzung nicht möglich.

Herausforderungen

- Die Farberkennung als zentraler Baustein des Programms war schwierig umzusetzen, da der Farbsensor sehr empfindlich ist und eine absolute Erkennung der Farben war leider nicht möglich, sodass auf Kalibrierung unter den aktuellen Bedingungen zurückgegriffen wurde, um relative Unterschiede zu verwenden.
 - Es wurde auch versucht die äußeren Einflüssen zu minimieren, sodass immer möglichst gleiche Bedingungen herrschen, indem eine Abdeckung um den Roboter herum montiert wird. Dabei war die Nutzung eines 3D-Drucks, welche eine einfache Anfertigung mehrere Exemplare mit hoher Genauigkeit ermöglicht zu schwer, sodass die Bewegung des Roboters eingeschränkt wurde. Eine Alternative aus Papier oder Pappe, war vergleichsweise mühsam

anzufertigen, da präzise Öffnungen schwer zu machen waren. Sodass der Vorteil die Nachteile nicht überwiegte.

- Es wurde ein Ansatz der Linienverfolgung mittels Einsatz der IMU ausprobiert, sodass ein einzelner statt einem doppelten Farbstreifen ausreichen würde, allerdings hat die aktuelle Implementierung der IMU zu keinem zufriedenstellenden Ergebnis geführt.
- Bei dem Aufspielen neuer Software kam es in unregelmäßigen Abständen zu einem Fehler, dass kein Datenaustausch über die serielle Schnittstelle möglich sei, mit zwar einem Indikator auf die Baudrate, allerdings auch wenn diese gar nicht verändert wurde. Das Problem ist Roboter bezogen und tritt auch auf anderen Rechnern auf.
 - Mögliche Lösung ist das manuelle Löschen des Speichers mittels des esptool-Pythonskripts mit folgendem Befehl

```
`./esptool.py --chip esp32s3 --port /dev/cu.usbmodem1401 erase_flash`
```


Dabei muss natürlich */dev/cu.usbmodem1401* individuell ersetzt werden.
- Die Ampeln bzw. Kreuzungsregeln werden durch eingeschobene Farbstreifen umgesetzt, allerdings ist der Dezibot sehr empfindlich was die Beschaffenheit des Bodens angeht, sodass bereits ein nicht ganz flach liegender Streifen bereits eine Weiterfahrt des Roboters verhindert.
 - Die einfachste Lösung dies zu verhindern ist den Ausschnitt für den Farbstreifen so zu gestalten, dass Überhänge entstehen, die den Roboter immer nur "runter" fahren lassen.
- Unter manchen Bedingungen kommt es zum Absturz des Roboters, sodass dieser sich automatisch neustart. Eine genaue Ursache konnte trotz intensiver Untersuchung nicht gefunden werden.
- Die Nutzung der IR-LED beeinträchtigt die Farberkennung, sodass diese nur bei Bedarf eingeschaltet werden kann, allerdings ist dies aus Energiegründen ohnehin ratsam

Verbesserungsmöglichkeiten

- Die Farberkennung kann mit Sicherheit durch alternative Verfahren weiter verbessert werden, wahrscheinlich sogar soweit, dass auch mit absoluten Farben für die Markierungen gearbeitet werden kann, sodass die eingehende Kalibrierung übersprungen werden kann.
- Wie bereits erwähnt kann ein Verfahren zur Kollisionsvermeidung auf der Strecke eingesetzt werden, um die Beschränkung auf eine Richtung auf der Strecke aufzuheben, sodass auch komplexere Streckenformen umgesetzt werden können.
- Bei anderen Streckenformen können auch T-Formen genutzt werden.

Strecke

