

Entwicklung eines Patrouillenroboters

Fabian Hollburg, Elektrotechnik und Informationstechnik
Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

Abstract— In diesem Paper wird die Entstehung eines Patrouillenroboters behandelt, welcher im Rahmen des Projektseminars Elektro- und Informationstechnik der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg entwickelt wurde. Der Roboter ist in der Lage eine festgelegte, veränderbare Route abzufahren und durch die Benutzung eines Ultraschall- sowie eines Geräuschsensors Bewegungen und Geräusche zu erkennen und auszuwerten. Weiterhin wird der Bezug zu modernen Meldeanlagen der Sicherheitstechnik hergestellt. Als Hardware wurde hierfür Lego Mindstorms und als Software MATLAB verwendet.

Schlagwörter— Lego Mindstorms, MATLAB, Patrouille, Sicherheitstechnik, Ultraschall

I. EINLEITUNG

SICHERHEIT hat für den Menschen schon immer eine große Rolle gespielt, so wurden Mauern und Zäune gebaut, Hunde abgerichtet oder Wachleute ausgebildet, um sein Hab und Gut zu beschützen. Obwohl man sich heutzutage die moderne Technik zu Nutze macht, werden immer noch Menschen als Wachmänner eingesetzt. So kam die Frage auf, ob diese Aufgabe nicht durch eine Maschine übernommen werden kann. Mithilfe von Lego Mindstorms Bauteilen und der Software MATLAB sollte ein Roboter gebaut werden, der möglicherweise eine Antwort auf diese Frage liefert. Die Idee war, dass der Roboter auf Befehl einen Rundgang startet, bei dem ein vorgeschriebener, anpassbarer Weg abgefahren werden soll. Währenddessen sollte mithilfe der Sensoren die Umwelt bewacht und bei einer erkannten Gefahr ein Alarm ausgelöst werden. Die Ähnlichkeit mit einer Patrouille lieferte den Namen für das Projekt.

II. VORBETRACHTUNGEN

Wie schon erwähnt, gibt es verschiedene technische Geräte, die der Mensch für seine Sicherheit nutzt.

A. Überwachungskameras

Der Einsatz von Sicherheitskameras ist weit verbreitet. Die Kamera wird an einer leicht erhöhten Stelle angebracht und zeichnet durchgängig ein Video des erfassten Bildes auf. So kann nachträglich ein Täter mithilfe des Videomaterials erkannt werden. Außerdem wirkt die Kamera abschreckend auf potenzielle Einbrecher. Sie hat jedoch keinen Zugang zu Maßnahmen, die einen bereits ablaufenden Einbruch verhindern könnten. Zudem wird durch das kontinuierliche Aufzeichnen sehr viel Speicherplatz in

Anspruch genommen, was zu Abzügen bei der Videoqualität führt.

B. Einbruchmeldeanlagen

Ebenso beliebt sind Alarmanlagen, welche laut [1] aus mehreren Elementen bestehen: Die Melder sind Sensoren, die eine Gefahr erkennen sollen und somit das Signal für einen Alarm geben können. Dabei gibt es eine Vielzahl an Sensoren, zum Beispiel einen Glasbruchsensor, der an Türen oder Fenstern angebracht wird und erkennt, wenn diese eingeschlagen werden oder der Bewegungsmelder, welcher mit Ultraschall Entfernungen misst und dadurch in der Lage ist eine Bewegung zu registrieren.

Der Signalgeber wird ausgelöst, wenn ein Grund für einen Alarm erkannt wurde. Durch einen akustischen oder auch optischen Alarm wird Aufmerksamkeit erzeugt und ein Schockeffekt beim Eindringling erreicht.

Eine Verarbeitung der Informationen geschieht in der Zentrale der Alarmanlage. Wenn ein Sensor ein Problem meldet, aktiviert die Zentrale den Signalgeber. Programme laufen ebenfalls in der Zentrale ab.

Letztlich bleibt noch das Bedienelement, das die Alarmanlage aktiviert oder deaktiviert und anzeigen kann, wodurch der Alarm ausgelöst wurde.

An diesem Konzept orientiert sich auch der Patrouillenroboter, wobei vor allem die Idee des Bewegungsmelders einen großen Einfluss hatte.



Abbildung 1: Der Knightscope K5

C. Knightscope K5

Eine Inspiration und ein aktuelles Beispiel für einen Sicherheitsroboter liefert der K5 [Abb. 1] vom Unternehmen Knightscope, welcher sogar schon

Anwendung in einzelnen Kaufhäusern findet. Die Maschine bewegt sich autonom über ein bestimmtes Gebiet und verfügt über verschiedene Funktionen, die das Gelände sicher machen sollen. So besitzt er eine Kamera mit Rundumsicht, die durch Infrarot auch bei Dunkelheit ein Video streamt und speichert. K5 ist dabei in der Lage selbstständig Gefahren wahrzunehmen. Genauer gesagt, kann er mithilfe von Gesichtserkennung gesuchte Verbrecher oder dergleichen identifizieren. Auf Parkplätzen untersucht er nebenbei die Kennzeichen und erfasst so als gestohlen gemeldete Autos. Weiterhin ist es ihm möglich, verletzte beziehungsweise hilfsbedürftige Personen zu erkennen, indem er ihre Bewegungen und Gesten analysiert. Fortführend kann er mit einem Alarmton auf sich aufmerksam machen und ist so eine große Hilfe für Sicherheitskräfte.



Abbildung 2: Frontansicht des Patrouillenroboters

III. VERWIRKLICHUNG

In den folgenden Abschnitten wird die Realisierung des Projektes genauer beschrieben.

Vorab zwei benötigte Gleichungen:

$$U = 2 \cdot \pi \cdot r \quad (1)$$

U=Umfang, r= Radius

$$M = (360 \cdot s) \div W \quad (2)$$

M=Motordrehzahl, s=Weg, W= Radumfang

A. Konstruktion

Für den Bau des Roboters wurden nur wenige Teile benötigt. An den Seiten des NXT sind zwei Motoren für den Antrieb des Roboters angebracht. Der erste Prototyp war ein Kettenfahrzeug. Dieses war jedoch instabil und hatte Schwierigkeiten beim Drehen, darum wurden die Ketten durch Räder ersetzt. Außerdem besitzt der Roboter hinten ein kleines, bewegliches Stützrad, welches das Drehen erleichtert. Kernstück der Konstruktion ist der Ultraschallsensor, welcher auf einer senkrecht zum Erdboden zeigenden „Antenne“ befestigt ist. Durch einen weiteren Motor und zwei Zahnräder ist die Drehung der Antenne um 360 Grad möglich und somit die Rundumsicht des Ultraschallsensors gewährleistet. Weiterhin ist vorn ein Geräuschsensor verbaut.

Um an das Konzept einer Alarmanlage anzuschließen, kann man den Ultraschallsensor und den Geräuschsensor als die Melder sehen, den NXT als Zentrale und Signalgeber und die später erläuterte GUI als Bedienelement.

B. Einhaltung des Weges

Wie bei einer Patrouille sollte der Roboter eine festgelegte Route abfahren. Dabei war es wichtig, die Route verändern zu können und eine Einhaltung dieser Route zu garantieren.

Das Programm bietet zwei Fahrtwegoptionen, eine Strecke und ein Quadrat. Mithilfe der Benutzeroberfläche kann die gewünschte Form gewählt und die Gesamtlänge der Strecke, beziehungsweise die Seitenlänge des Quadrats, in Dezimeter eingestellt werden. Dafür wurde ausgerechnet welches Tacholimit nötig ist, um den Roboter um einen Dezimeter fortzubewegen. Dazu wurde die Gleichung (1) benutzt, um den Umfang des Rades herauszubekommen. Nehmen wir an, dass der Umfang vier Zentimeter beträgt, dann müsste sich das Rad zweieinhalb mal drehen, um sich einen Dezimeter fortzubewegen. Mit Gleichung (2) kann die Anzahl der Umdrehungen als eine Motordrehzahl angegeben werden. Das benötigte Tacholimit wird mit einer Variablen, die durch den Nutzer bestimmt wird, multipliziert. Die Anzahl der Wiederholungen, also wie oft er die Route abfahren soll, kann ebenfalls bestimmt werden. Der Mindestwert hierfür beträgt eins.

Wurde die Strecke gewählt, fährt der Roboter zunächst solange vorwärts bis er die gewünschte Länge erreicht hat. Danach wird der Wert der Power der Motoren mit minus eins multipliziert, um ihn rückwärts fahren zu lassen, bis er wieder an seiner Startposition angekommen ist. Dieser Vorgang kann dann beliebig oft wiederholt werden.

Ist die Auswahl auf das Quadrat gefallen, fährt der Roboter ebenfalls zuerst vorwärts. Wurde die eingestellte Länge erreicht, bleibt er stehen und dreht sich um 90 Grad. Dazu wird nur der links angebrachte Motor

betrieben, der rechte Motor wird nicht angesteuert. Somit wird eine Drehbewegung nach rechts erreicht. Das benötigte Tacholimit für die Drehung kann bestimmt werden, indem man die Rechtsdrehung als Kreis betrachtet, wobei das rechte Rad den Mittelpunkt einnimmt. Der Abstand zwischen dem linken und rechten Rad bildet den Radius. Hat man diesen gemessen, lässt sich wieder mit Hilfe der Gleichung (1) der Umfang berechnen. Dieser wird als Weg in Gleichung (2) eingesetzt und ergibt die erforderliche Motordrehzahl für eine 360 Grad Drehung. Da der Wert für eine 90 Grad Drehung gebraucht wurde, wird das Ergebnis mit einem Viertel multipliziert. Das Produkt ist das nötige Tacholimit für eine 90 Grad Drehung.

Nach dieser Drehung fährt der Roboter weiter bis die geforderte Seitenlänge erreicht wurde. Wenn er sich drei mal gedreht hat, fährt er wieder zu seinem Startpunkt, das heißt, dass er das Quadrat einmal abgefahren hat. Eine weitere, vierte Drehung bringt ihn zurück in seine Ausgangsposition, von der aus er diesen Vorgang wiederholt.

C. Überwachungs- und Sicherheitssystem

Bei einer Patrouille ist es nicht nur wichtig eine feste Route einzuhalten, währenddessen soll auch die Umgebung ausgekundschaftet und überwacht werden.

Um dies zu ermöglichen nutzt der Roboter hauptsächlich den verbauten Ultraschallsensor und teilweise den Geräuschsensor. Dabei folgt er einem bestimmten Prinzip. An jeder Ecke des Quadrats beziehungsweise an jedem Ende der Strecke bleibt der Patrouillenroboter stehen und führt eine Messung mit Hilfe des Ultraschallsensors aus. Dafür wird er durch den an der Antenne angebrachten Motor um 360 Grad gedreht, wobei intervallweise die Distanz zu Objekten in seiner Nähe gemessen wird. Mit diesen Werten wird eine Matrix gefüllt, eine für jede Ecke des Quadrats beziehungsweise für jeden Endpunkt der Strecke. Dabei ist zu beachten, dass der Roboter zunächst immer eine Erkundungsfahrt macht, das heißt, dass er den gewünschten Weg einmal abfährt und ihn observiert. Die dadurch erhaltenen Werte sind die unveränderlichen Ausgangswerte, welche sich der Roboter stets merkt.

Erst bei den Wiederholungsdurchläufen beginnt die eigentliche Überwachung. Die gemessenen Distanzwerte werden ebenfalls in eigenen Matrizen gespeichert. Hat er alle für die Wiederholung nötigen Werte genommen, werden diese mit den Anfangswerten verglichen. Dafür werden die Matrizen der gleichen Ecke bzw. des gleichen Endes subtrahiert und liefern einen Differenzwert. Diese Differenz darf weder zu groß noch zu klein sein, wobei der Grenzwert hierfür bei plus/minus zehn Zentimetern liegt. Das bedeutet, dass eine Distanzänderung von über zehn Zentimetern, sei es eine Näherung oder eine Entfernung eines Objektes, vom Roboter erkannt wird. Wenn dies nicht der Fall ist, beginnt der nächste Durchlauf. Die dadurch erfassten Werte überschreiben die

vorherigen Vergleichsmatrizen. Die Ausgangswerte bleiben hierbei gleich. Wenn jedoch eine Veränderung festgestellt, wurde aktiviert sich das Alarmsystem. Der Roboter bleibt auf der Stelle stehen und spielt einen Alarmton, der störend und aufsehenerregend ist. Er kann nur durch das Programm selbst abgestellt werden.

Auch der Geräuschsensor übernimmt eine Überwachungsfunktion. Er funktioniert wie ein Mikrofon und misst fast durchgängig die Umgebungslautstärke. Nur wenn sich der Ultraschallsensor dreht, wird keine Lautstärke gemessen, da die Motorengeräusche sonst ein Störfaktor wären. Wenn die gemessene Lautstärke zu hoch ist und einen Schwellwert überschreitet, wird ebenfalls der Alarm aktiviert.

Um die Messwerte zu veranschaulichen, wird in der programmeigenen GUI eine Übersicht der Messungen geboten. Jede Ecke beziehungsweise jedes Ende bekommt ein eigenes Kurvendiagramm, in dem die Anfangswerte und Vergleichswerte als Graph dargestellt werden. Die Ausgangswerte sind blau und die Vergleichswerte rot gefärbt, so kann der Nutzer erkennen welcher Wert sich geändert und den Alarm ausgelöst hat. Des Weiteren werden die aktuell gemessene Distanz und Lautstärke einzeln ausgegeben. Hierbei wird auch angezeigt, welcher Wert für einen Alarm verantwortlich war.



Abbildung 3: Rückansicht des Patrouillenroboters

IV. ERGEBNISDISKUSSION

Das Ergebnis des Projekts ist ein Sicherheitsroboter, der auf einem veränderbarem Weg patrouilliert und dabei durch kontinuierliche Entfernung- und Lautstärkemessungen seine Umgebung bewacht. Bei der Entstehung des Roboters traten einige Probleme auf, die leider nicht alle gelöst werden konnten und somit die Funktionalität bis zum aktuellen Stand einschränken.

Das größte Problem war oder ist das Abkommen vom Weg. Dem Roboter gelingt es nicht immer auf der vorgegebenen Route zu bleiben, vor allem nicht, wenn das Quadrat gewählt wurde. Bei der Strecke hat er dagegen keine großen Probleme. Erklärung hierfür sind die Drehbewegungen, die beim Abfahren des Quadrats auftreten, denn schon eine minimale Abweichung von 90 Grad kann aufgrund der mehrmaligen Wiederholungen zu starken Abweichungen führen. Dabei spielen die Ungenauigkeiten der Legoteile und Unebenheiten im Boden eine Rolle.

Durch das eben genannte Phänomen entsteht ein weiteres schwerwiegendes Problem und zwar Fehler beim Messen der Entfernungen. Wenn der Roboter von seiner Bahn abkommt, können auch die Messungen nicht übereinstimmen, wodurch der Roboter fälschlicherweise eine Gefahr erkennt. Außerdem hat der Ultraschallsensor Schwierigkeiten beim Erkennen von Objekten, die schräg zu ihm stehen. So kommen häufig unterschiedliche Werte bei unveränderten Entfernungen zu Stande. Auch hierdurch kann ein Fehlalarm ausgelöst werden.

Eine weitere Problematik wurde sogar bei unserer Abschlusspräsentation während der Vorführung des Roboters deutlich. Einer der Betreuer klatschte in die Hände, um mit Hilfe des Geräuschsensors einen Alarm auszulösen. Da die Lautstärke aber, wie ihn Abschnitt C des Hauptteils erklärt, nicht durchgängig gemessen wird, gibt es sehr kurze Momente in denen laute Geräusche nicht erkannt werden. Unglücklicherweise fiel das Klatschen in so einen Moment.

Weiterhin besteht das Problem, das Distanzwerte erst miteinander verglichen werden, wenn alle Matrizen gefüllt sind. Das bedeutet, dass zum Beispiel der erste Wert der ersten Vergleichsmessung sich verändert haben kann, doch der Roboter dies erst bemerkt, wenn er die restlichen Messungen, also den Wiederholungsdurchlauf abgeschlossen hat. Dies verzögert die Erkennung eines Fehlers.

Trotz all dieser Ärgernisse ist das Produkt des Projektes zufriedenstellend. Der Roboter ist in der Lage das zu tun, was er sollte. Er führt seine Befehle aus und die GUI funktioniert ebenso problemlos.

V. ZUSAMMENFASSUNG UND FAZIT

Zum Abschluss kann man sagen, dass es möglich ist einen Roboter zu bauen, der die Aufgaben eines Wachmannes übernehmen könnte. Dabei hatten andere

moderne Konzepte der Sicherheitstechnik, wie die Alarmanlage oder der Bewegungsmelder, einen Einfluss. Der Nutzen des Roboters wird jedoch durch die Grenzen der Lego Mindstorms Teile eingeschränkt und wäre noch kein verlässlicher Ersatz für einen Menschen.

Außerdem gibt es noch viel Raum für Verbesserungen, wie zum Beispiel die Ermöglichung des autonomen Fahrens durch Lichtsensoren oder das Anbringen einer Webcam, um auch die Funktion einer Sicherheitskamera einzubeziehen. Trotzdem könnte der Roboter bei einer Bewachung hilfreich sein.

LITERATURVERZEICHNIS

- [1] Christian, Wie eine Alarmanlage funktioniert, <https://alarmanlage-haus.net/wie-eine-alarmanlage-funktioniert/>, Abruf 18.03.2019