

Simulation eines mobilen Sicherheitsroboters in Gazebo und Anbindung an eine Steuerungsbibliothek

Diplomarbeit, vorgelegt von Jonas Lanvers

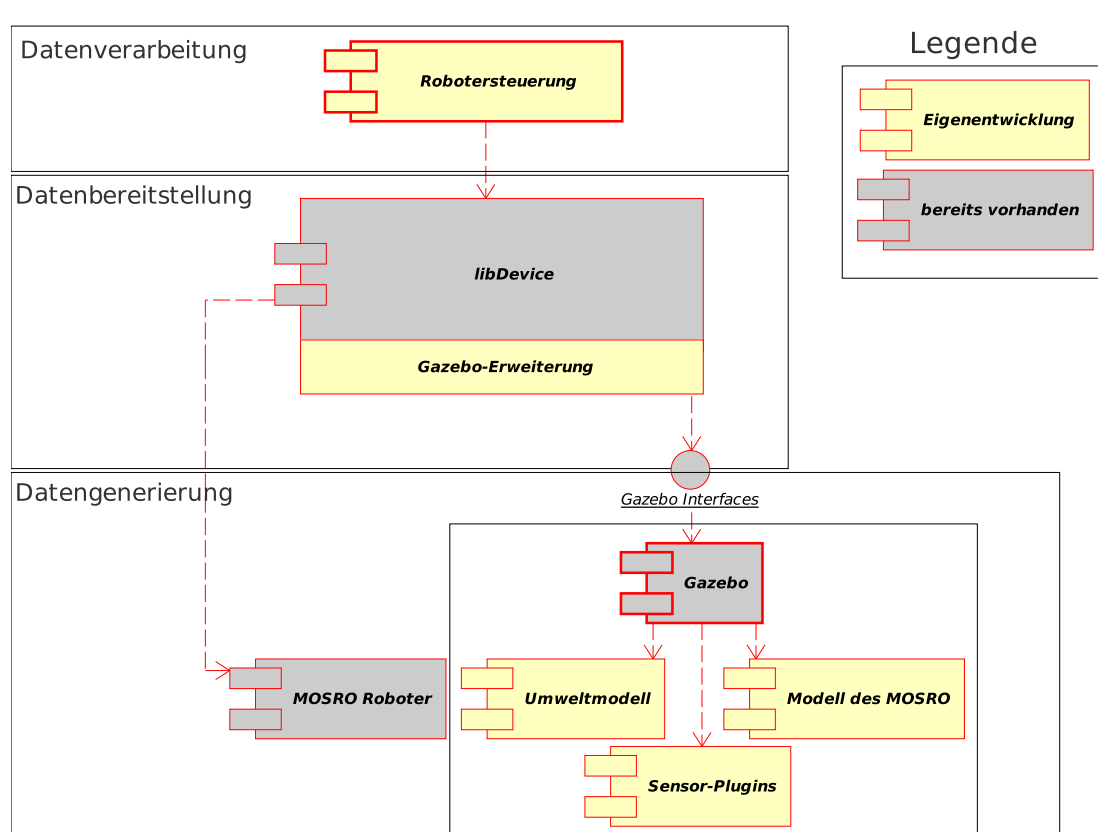


Aufgabenstellung

Ziel dieser Arbeit ist der Entwurf und die Implementierung eines 3D Modells des mobilen Sicherheitsroboters MOSRO für die Gazebo-Simulationsumgebung. Die in diesem Modell verwendeten Sensoren und Aktoren sollen realistisch modelliert und deren Schnittstellen in das Sensor-/Aktorkonzept der Robowatch Technologies GmbH integriert werden.

Alle implementierten Sensoren (Ultraschall, Infrarot, Passiv-Infrarot, Radar und Gyroskop) sind sowohl innerhalb des MOSRO-Modells, als auch separat als Plugins zu implementieren, damit sie auch für zukünftige Robotermodelle genutzt werden können. Zum Testen und Demonstrieren der Simulation sollen zudem die Robowatch-Räumlichkeiten als Umgebungsmodell für die Simulation bereitgestellt werden. Ein einfaches Programm soll den Roboter in dieser Umgebung steuern und die Räume auf Personen überprüfen.

Systemarchitektur



Die Architektur lässt sich in drei Komponenten aufteilen: Datenverarbeitung, Datenbereitstellung und Datengenerierung.

Die Datenverarbeitung enthält eine einfache Robotersteuerung, die das Robotermodell in den simulierten Robowatch-Räumlichkeiten fahren und Personen detektieren lässt.

Der Zugriff erfolgt über die Komponente Datenbereitstellung. Hier wird über die Robowatch Sensor-/Aktorbibliothek libDevice und deren Gazebo-Erweiterung auf die simulierten Sensoren und Aktoren in der Gazebo Simulationsumgebung zugegriffen und die Daten und Steuerungsmöglichkeiten bereitgestellt.

In der Komponente Datengenerierung sind das Robotermodell und die Sensorplugins enthalten. Diese werden beim Start von Gazebo dynamisch als Shared Libraries geladen. Ebenfalls zur Datengenerierung gehört das Umwelmodell (Worldfile), welches in XML geschrieben ist und Informationen über die zu ladenden Robotermodelle und Plugins enthält.

Sensordarstellung

In Gazebo werden Sensorausbreitungen standardmäßig als einfacher Strahl dargestellt. Reale Sensoren haben jedoch oft eine Ausbreitung, die einer Keule ähnelt.

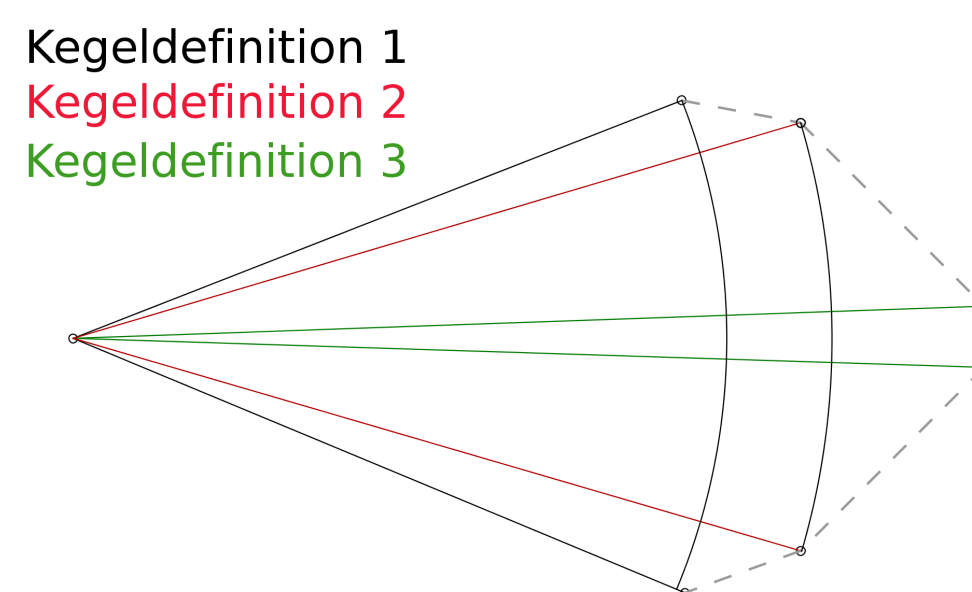
Um die Simulation möglichst realitätsnah zu gestalten, wurde ein Konzept entwickelt, welches eine realistische und zugleich leicht konfigurierbare Darstellung der Sensorausbreitung bietet.

Hierbei werden Sensorausbreitungen durch einen oder mehrere Kegel definiert, die sich zwei- oder dreidimensional ausbreiten.

Ein Kegel beinhaltet mehrere Sensorstrahlen gleicher Länge, die sich in einem bestimmten Winkel ausbreiten. Eine Sensorkeule besteht aus mehreren kombinierten Kegeln mit unterschiedlichen Reichweiten und Ausbreitungswinkeln.

Die Lücken zwischen diesen Kegeln (gestrichelte Linie in der folgenden Abbildung) können auf Wunsch diskret linear interpoliert werden. Zusätzlich können in einem Kegel weitere, leicht versetzte Strahlen erstellt werden, die eine Berechnung des Auftreffwinkels der Sensorkeule auf ein Objekt möglich machen. Dies ist vor allem bei Ultraschallsensoren wichtig.

Mit diesem Verfahren ist es möglich, alle möglichen symmetrisch-konvexen Formen darzustellen.



Darstellung einer Sensorkeule mittels mehrerer Kegel

Fehlermodelle

Die Ausgabewerte realer Sensoren sind von einer Vielzahl von Faktoren abhängig. Um die Sensoren im Modell möglichst genau nachzubilden, war eine Analyse der Sensoren und deren Funktionsweise notwendig.

Anhand von Tests, Datenblättern und physikalischen Grundlagen wurde zu jedem Sensortyp ein Fehlermodell entwickelt und implementiert. Hierbei lag der Fokus auf den für die Navigation wichtigen Sensoren Ultraschall, Infrarot und Gyroskop. Hier einige Beispiele für Faktoren, die in diese Fehlermodelle eingehen:

Die im MOSRO enthaltenden triangulationsbasierten Infrarotsensoren haben beispielsweise eine sehr hohe Temperaturabhängigkeit, was auf die Veränderung von sensor-internen Widerständen zurückzuführen ist.

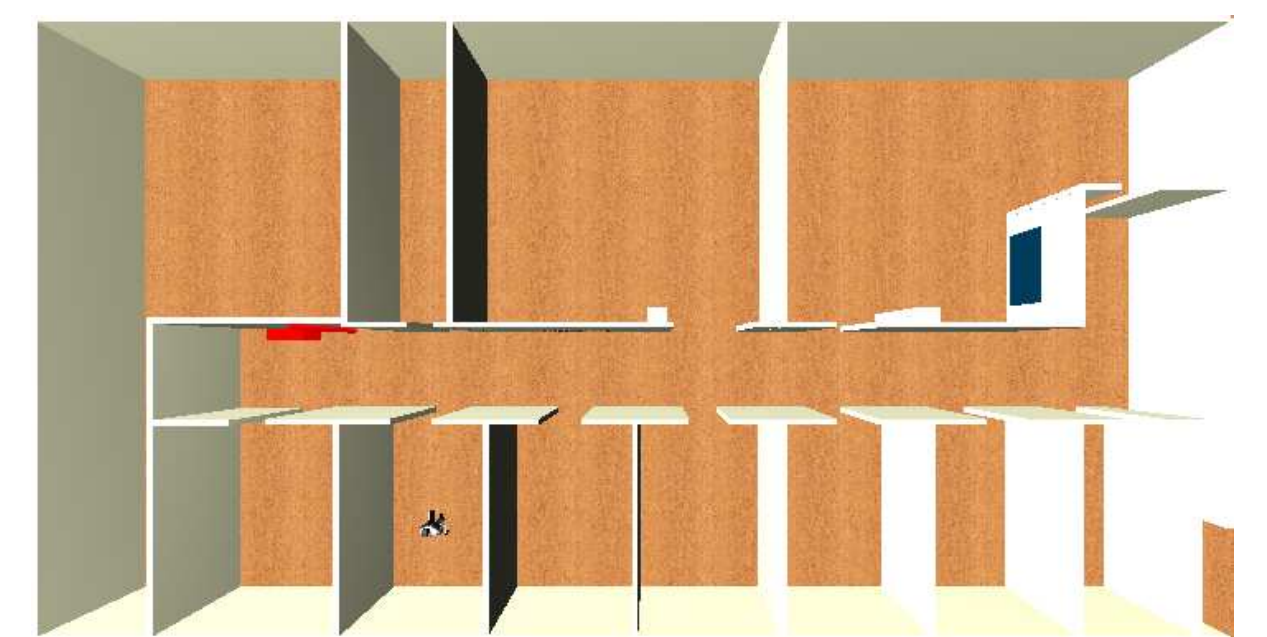
Ultraschallsensoren, die Entfernungen über die Laufzeit der ausgesendeten Schallsignale berechnen, sind ebenfalls stark von der Umgebungstemperatur abhängig. Hier ist die Ursache jedoch eine veränderte Schallgeschwindigkeit bei unterschiedlichen Temperaturen. Ebenfalls mit in das Fehlermodell des Ultraschallsensors eingegangen ist die Abhängigkeit vom Winkel mit dem eine Ultraschallwelle auf ein Hindernis trifft. Ab einem bestimmten Winkel wird die Schallwelle nicht mehr oder nur noch teilweise reflektiert, was zu einer Beeinträchtigung der Hinderniserkennung führt.

Umgebungsmodell

Auf der Basis vorhandener Grundrisse wurde ein Modell der Robowatch-Räumlichkeiten entworfen. Dieses wird in XML definiert und in eine Gazebo-Konfigurationsdatei geschrieben, welche beim Programmstart geladen wird.

Es wurden Wände, Türöffnungen und an der Wand befindliche Objekte (Feuerlöschkasten, Rohrleitung) dargestellt. Auf eine genaue Rekonstruktion der Büros und des Mobiliars wurde verzichtet.

Zum Testen der für die Überwachung zuständigen Radar- und Passiv-Infrarotsensoren wurde ein steuerbares Modell eines Menschen in dieser Umwelt platziert.



Umweltmodell der Robowatch-Räumlichkeiten

Steuerungsprogramm

Das Steuerungsprogramm wurde bewusst einfach gehalten, da weniger die Navigation als die Demonstration und das Testen der Simulation und der Anbindung der Sensoren und Aktoren an die Steuerungsbibliothek von Robowatch im Vordergrund stand. Das Programm steuert den Roboter durch das Umgebungsmodell und überprüft jeden Raum auf Personen. Ist eine sich bewegende Person erkannt worden, wird eine Alarmmeldung auf der Programm-Konsole ausgegeben.

Zusammenfassung

Das Modell des MOSRO wurde mit ausreichender Genauigkeit modelliert. Die Implementierung der Fehlermodelle der Sensoren wurde erfolgreich durchgeführt. Diese Fehlermodelle wurden anhand der realen Sensoren sowie deren Datenblättern und bereits existierenden Testdaten entwickelt und getestet.

Simulierte und reale Sensoren liefern nun annähernd dieselben Ergebnisse.

Hervorzuheben ist die Modellierung der Sensorbereiche bzw. Sensorkeulen. Die Möglichkeit zur realistischen Darstellung der Ausbreitung bzw. des Erfassungsbereiches von Sensoren existierte in Gazebo nicht.

Mit der Kombination von mehreren Kegeln aus Sensorstrahlen und der Möglichkeit der Interpolation zwischen diesen Kegeln lassen sich nun alle möglichen symmetrisch-konvexen Formen beschreiben, was einen deutlichen Vorteil gegenüber anderen Simulationssystemen bietet. Diese bieten, wenn überhaupt, nur die Möglichkeit zur Definition eines einzigen (dreidimensionalen) Kegels.

Die von mir im Rahmen dieser Diplomarbeit entwickelten Konzepte zur Darstellung von Sensorkeulen und die Ansätze für Fehlermodelle möchte ich der Gazebo-Community vorstellen, damit diese in die aktuelle Version integriert werden können.