

HAUPTSEMINAR AUTOMATISIERUNGS-, MESS- UND REGELUNGSTECHNIK: ANLEITUNG UND AUFGABENSTELLUNG MODUL GUIDANCE

VERSION 2.7

INHALT

1	Begriffe und Definitionen.....	2
2	Aufgabenstellung	3
3	Missionsplaner	3
3.1	Aufgabe des Untermoduls.....	3
3.2	Hinweise zur Implementierung	4
3.3	NXT-Beispielprogramm.....	4
4	Pfadgenerator	6
4.1	Aufgabe des Untermoduls.....	6
4.2	Hinweise zur Implementierung	6
5	Zielstellung zur 1. Verteidigung.....	7
6	Spezielle Hinweise zur Gestaltung von Präsentationen in der 1. Verteidigung und in der 2. Verteidigung ...	7
6.1	Präsentation in der 1. Verteidigung.....	7
6.2	Präsentation in der 2. Verteidigung.....	8
7	Dokumentation	9

1 BEGRIFFE UND DEFINITIONEN

Guidance

Unter Guidance wird das Modul verstanden, der dafür sorgt, dass eine oder mehrere Missionen entsprechend des vorher geplanten Ablaufes, der aktuell vorliegenden Systemumgebung und den Nutzereingaben erfüllt werden. Dies erfolgt unter Benutzung aller weiteren Module wie z.B. der Regelung (Control) oder der Navigation.

Mission

Unter Mission wird die Erledigung einer definierten und logisch abgeschlossenen Aufgabe verstanden. Dies kann von einer einfachen Mission wie z.B. "Roboter soll anhalten" bis zu einer komplexen Mission wie z.B. "Roboter soll in eine bestimmte Parklücke einparken" gehen. Komplexere Missionen müssen in sinnvolle Missionsschritte zerlegt werden.

Missionsschritt

Ein Missionsschritt ist ein Teil einer Mission, der eine einfache Roboteraktion ausführt. Ein Missionsschritt soll so feingranular sein, dass er in einer Zustandsmaschine als ein Zustand abgebildet werden kann. Z.B. "Fahre vorwärts bis der Abstandssensor einen Abstand kleiner 10cm zurückgibt" oder "Fahre mit Hilfe der Pfadverfolgungs-Regelung einen berechneten Pfad bis zum Zielpunkt".

Referenzkoordinatensystem

Das Referenzkoordinatensystem wird durch das Roboterstartfeld (Startkachel) auf dem Parcours festgelegt (s. Abbildung 1: Roboterstartfeld auf dem Parcours).

Die Startpose des Roboters ist auf dem Startfeld gleich dem Vektor $(0 \text{ mm}, 0 \text{ mm}, 0^\circ)^T$.

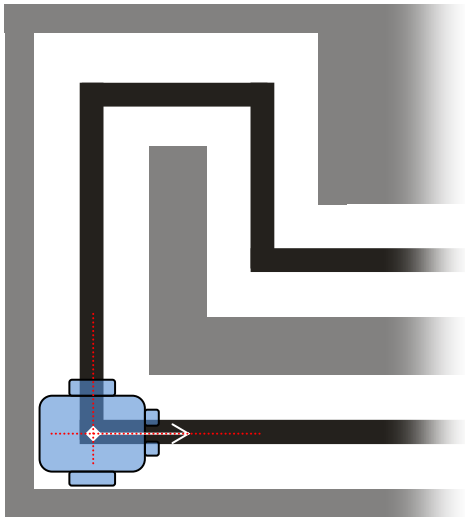


ABBILDUNG 1: ROBOTERSTARTFELD AUF DEM PARCOURS

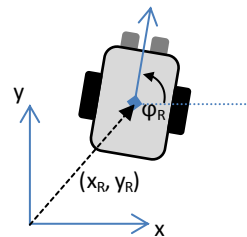


ABBILDUNG 2: DEFINITION DER ROBTERPOSE

Roboterpose

Unter Pose wird das 3-Tupel aus x-Koordinate, y-Koordinate und Blickwinkel des Roboters bezüglich des raumfesten Referenzkoordinatensystems verstanden. Der Bezugspunkt des Roboters liegt dabei auf der Antriebsradachse genau in der Mitte zwischen den Rädern des Roboters. Als Blickrichtung wird die Richtung definiert, die senkrecht zu der Antriebsradachse steht und in Richtung der Lichtsensoren zeigt. Siehe Abbildung 2: Definition der Roboterpose.

2 AUFGABENSTELLUNG

Die Aufgabe ist der Entwurf und die Implementierung eines Guidance-Moduls, das dafür sorgt, dass die vom Nutzer ausgewählte und vorher definierte Mission ausgeführt wird. Dazu müssen in Absprache mit dem HMI-Modulverantwortlichen alle in der allgemeinen Aufgabenstellung definierten Funktionalitäten in sinnvolle Missionen bzw. Missionsschritte zusammengefasst werden, die dann über das Android-Tablet vom Benutzer ausgewählt und gestartet werden können. Die Nutzereingabe wird dabei vom Human-Machine-Interface-Modul (HMI-Modul) vorverarbeitet und soll über dessen Interface vom Guidance-Modul abgefragt werden.

Das Guidance-Modul ist verantwortlich für die korrekte Ausführung der gewählten Mission. Dazu müssen die Missionen beim Entwurf in sinnvolle und feingranulare Missionsschritte zerlegt werden und für jeden Missionsschritt ein geeigneter Regelalgorithmus und die passende Generierung von Sollwerten für diesen ausgewählt werden. Für die Sollwertgeneration und für die Entscheidung über die Reihenfolge der Missionsschritte sollen neben dem in das Guidance-Module implementierte Vorwissen über das Ziel einer Mission zusätzlich vom Navigation- und Perception-Modul aktuelle Informationen über den Roboter- und Umgebungszustand eingelesen werden.

Funktional soll das Guidance-Modul aus zwei Untermodulen bestehen: (1) dem Missionsplaner und (2) dem Pfadgenerator.

Die folgenden Abschnitte enthalten weitere Anforderungen an die zu implementierenden Untermodule und weitere Hinweise zum Entwurf und zur Implementierung. Alle Anforderungen und Hinweise dieser Abschnitte und der allgemeinen Anleitung müssen bei Bearbeitung der Aufgabenstellung berücksichtigt und umgesetzt werden.

Hinweis

Dieses Modul implementiert im Gegensatz zu den anderen Modulen kein Interface, sondern kommuniziert über Interfaces anderer Module mit diesen.

Das Guidance-Modul soll auch keinen eigenen Hintergrundthread starten, sondern im Hauptthread als Endlosschleife ausgeführt werden. Daher ist stets zu beachten, dass keine blockierenden Funktionen benutzt werden und dass die Zeit, in der der Hauptthread in den Warte-Modus versetzt wird, lang genug ist, damit die anderen Threads ausreichend Rechenzeit erhalten. Die Absprachen dazu müssen in enger Kooperation zu den anderen Modulverantwortlichen im Rahmen der Systemintegration geschehen. ACHTUNG: Fehler, die sich hieraus ergeben, sind beim Debugging extrem schwer zu finden!

3 MISSIONSPLANER

3.1 AUFGABE DES UNTERMODULS

Der Missionsplaner umfasst den Hauptteil des Guidance-Moduls und wird vom Lehrstuhl für Automatisierungstechnik (AT) betreut. Nur die Generierung eines Pfades zur Weitergabe an den Pfadverfolgersregler auf den Pfadgenerator soll ein eigenes Untermodul sein, den Rest des Guidance-Moduls macht der Missionsplaner aus.

Es sind also zunächst alle Missionen und Missionsschritte in Absprache mit den anderen Teammitgliedern zu definieren und zu dokumentieren. Die Implementierung der Ablaufsteuerung soll zur besseren Übersicht durch mehrere verschachtelte Zustandsmaschinen entworfen und umgesetzt werden. Die implementierten Missionen sollen anschließend mit dem Roboter experimentell untersucht, dokumentiert und bewertet werden.

Hinweis: Zustände sind hierbei sehr kleine Handlungseinheiten. Wenn z.B. bereits ein Einparken implementiert ist und ihre Gruppe feststellt, dass der Roboter seine Position in der Parklücke noch durch vorwärts oder rückwärts fahren so anpassen soll, dass er am Ende mittiger in der Parklücke eingeparkt ist, dann wird dies sinnvollerweise durch Einfügen von zwei weiteren Zuständen modelliert: "vorwärtsfahrend korrigieren" und "rückwärtsfahrend korrigieren". Diese werden dann z.B. zwischen den Zuständen "auf Pfad einparken" und "Einparkvorgang abgeschlossen" eingefügt und je nach Abstandssensormessung eingenommen. Die Zustandsübergänge werden so implementiert, dass der Roboter nach dem groben Einparken vor und zurück fährt, bis er einen vorgegebenen Zielbereich erreicht hat. Denkbar ist auch noch das Einfügen eines weiteren Zustands, der den Roboter vor der Positionskorrektur erst einmal solange drehen lässt, bis er parallel zur Seitenwand in der Parklücke steht.

3.2 HINWEISE ZUR IMPLEMENTIERUNG

Die Implementierung als Zustandsmaschine(n) hat den Vorteil, dass das Verhalten auf Sensoreingänge sehr differenziert darauf angepasst werden kann, in welchem Zustand (d.h. in welcher Mission und in welchem Missionsschritt) sich der Roboter gerade befindet. Je nach Zustand wird in der Hauptschleife immer der zugehörige case-Block ausgeführt. Hier werden Aktionen definiert, je nachdem ob der case-Block

- zum ersten Mal nach einem Zustandswechsel ausgeführt wird,
- zum letzten Mal vor einem Zustandswechsel ausgeführt wird,
- dazwischen ausgeführt wird.

Bei jedem Durchlauf soll in jedem Fall entsprechend der Eingangsdaten geprüft werden, ob ein Übergang in einen anderen Zustand erfolgen soll.

3.3 NXT-BEISPIELPROGRAMM

Im NXT-Beispielprogramm wurden drei einfache Missionen implementiert:

- INACTIVE: Der Roboter ruht.
- DRIVING: Der Roboter verfolgt die Linie.
- EXIT: Der Roboter hält an und das Programm wird beendet.

Diese kommen ohne Missionsschritte und damit ohne Unterzustandsmaschinen aus, weil die Aktionen während der Zustände sehr einfach sind: Lediglich beim ersten Ausführen nach dem Zustandswechsel wird der Regler entweder in den Linienverfolgungsmodus (LINE_CTRL) oder in den Ruhemodus (VW_CTRL, mit beiden Geschwindigkeiten Null) gesetzt. Als Eingangsdaten werden der angeforderte Betriebsmodus (PAUSE oder SCOUT) von dem HMI und die NXT-Baustein-Taster "Enter" (orange) und "Escape" (grau) abgefragt und je nach Eingabe ein Zustandswechsel eingeleitet.

Der Entwurf der im NXT-Beispielprogramm implementierten Zustandsmaschine ist in Abbildung 1 und Tabelle 1 gezeigt:

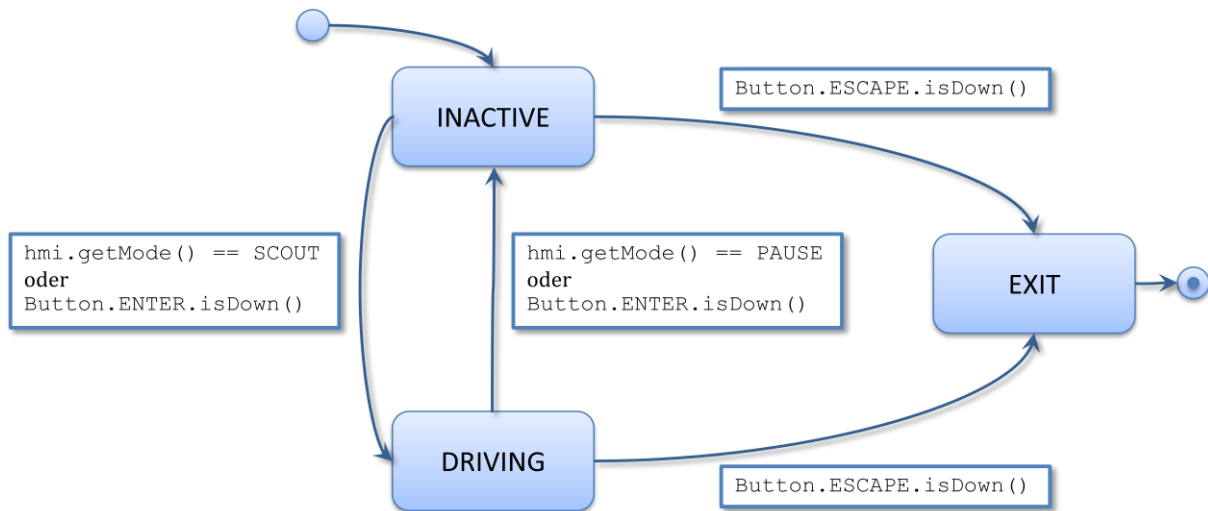


ABBILDUNG 3: ZUSTANDSÜBERGANGSDIAGRAMM DES NXT-BEISPIELPROGRAMMS

Zustand	Eingangsaktion	Nominalaktion	Ausgangsaktion
INACTIVE	<code>control.setCtrlMode(INACTIVE)</code>	keine	keine
DRIVING	<code>control.setCtrlMode(LINE_CTRL)</code>	keine	keine
EXIT	keine	<code>hmi.disconnect()</code> <code>System.exit(0)</code>	keine

TABELLE 1: AKTIONENTABELLE DES NXT-BEISPIELPROGRAMMS

Das NXT-Beispielprogramm kann zur Realisierung der eigenen Lösung erweitert und angepasst werden. Muss eine Mission in mehrere Missionsschritte zerlegt werden, kann es sinnvoll sein, für die Missionsschritte dieser Mission eine eigene Unterzustandsmaschine zu entwerfen.

4 PFADGENERATOR

4.1 AUFGABE DES UNTERMODULS

Falls der Roboter entlang eines Pfades fahren soll, kann das Guidance-Modul auf den Regelalgorithmus zur Pfadverfolgung zurückgreifen. Der Pfadgenerator soll diesen Pfad in Abhängigkeit von Start- und Zielroboterpose berechnen und dem Missionsplaner als Methode zur Verfügung stellen. Die Betreuung der Pfadverfolgung wird vom Institut für Regelungs- und Steuerungstheorie (RST) übernommen.

Beachte: Pfad wird mathematisch als eine Funktion y von x definiert (Polynom).

4.2 HINWEISE ZUR IMPLEMENTIERUNG

Die Durchführung des Untermoduls Pfadgenerator geschieht in Zusammenarbeit mit dem Studenten, der für den Control-Teil verantwortlich ist. Die Aufgaben sind dem Unterpunkt 3.4 der Seminaranleitung für das Control-Modul zu entnehmen. Für die Implementierung ist eine geeignete Aufteilung der Zuständigkeiten auf das Guidance- bzw. Control-Modul vorzunehmen. Es ist sinnvoll, dass das Guidance-Modul in Abhängigkeit der Start- und Endpose ein Polynom berechnet und die Koeffizienten des Polynoms an das Control-Modul übergibt, welches daraus eine Steuerung berechnet.

5 ZIELSTELLUNG ZUR 1. VERTEIDIGUNG

Zur 1. Verteidigung soll der Roboter auf dem Parcours nach Parklücken suchen und somit einen gewissermaßen reduzierten Scout Modus unterstützen.

Das Durchführen vom Parken und von speziellen Fahrmanövern zur Vermessung von Parklücken (Vermessungsmanöver) ist in dieser Entwicklungsetappe nicht erforderlich.

Der Missionsplaner kann für diese Zwecke aus dem NXT-Beispielprogramm übernommen werden. Die Implementierung des Pfadgenerators ist hier nicht erforderlich.

Die Aufgabe des Verantwortlichen für das Guidance-Modul im ersten Projektteil vor der 1. Verteidigung besteht somit hauptsächlich im hinreichend detaillierten Entwurf der Guidance-Funktion. Alle erforderlichen Bewegungsabläufe sind hier zu definieren und in Entwürfe für jeweilige verschachtelte Zustandsmaschinen umzusetzen. Der Pfadgenerator ist ebenfalls zu entwerfen.

Der Guidance-Entwurf wird in der 1. Verteidigung vorgelegt und diskutiert.

Im nachfolgenden Verlauf des Projektes muss die komplette Guidance-Funktion entsprechend der Zielstellung des Hauptseminars implementiert und im gesamten System getestet werden.

6 SPEZIELLE HINWEISE ZUR GESTALTUNG VON PRÄSENTATIONEN IN DER 1. VERTEIDIGUNG UND IN DER 2. VERTEIDIGUNG

Die Modalitäten der einzelnen Präsentationen werden in der allgemeinen Anleitung im Abschnitt 6 vorgestellt. Ergänzend erfolgt an dieser Stelle eine kurze Zusammenfassung der wesentlichen Inhalte, die in der 1. Verteidigung und in der 2. Verteidigung durch den Modulverantwortlichen vorgestellt werden sollen. Aufgrund der beschränkten Zeit, die für die jeweiligen Präsentationen zur Verfügung steht muss jeweils selbstständig entschieden werden, welche der Inhalte im Vortrag und welche während der Vorführung des Roboters gezeigt werden.

6.1 PRÄSENTATION IN DER 1. VERTEIDIGUNG

In der 1. Verteidigung muss gezeigt werden, wie weit die Zielstellung zur 1. Verteidigung erreicht wurde. Die Präsentation (die Vorführung und der Vortrag) muss daher *alle* in Abschnitt 5 angegebenen Funktionen und Anforderungen berücksichtigen.

Es ist *erforderlich*, dass die Vortragsfolien folgende Gliederungspunkte deutlich zeigen:

- Guidance im reduzierten Scout Modus
- Entwurf für *Parklückensuche* (Scout Modus)
- Entwurf für *Gezieltes Einparken* (Park This Modus)
- Entwurf für *Ausparken*
- Entwurf für *Anhalten* (Pause Modus)
- Entwurf für *Pfadgenerator*

Im Vortrag muss der aktuelle Entwicklungsstand zu *jedem* Gliederungspunkt gezeigt werden:

- Wurde die entsprechende Aufgabe gelöst?
- Wie wurde sie gelöst?
- Wurde Sie vollständig gelöst oder welche offenen Stellen gibt es noch?

Eine Wiederholung der allgemeinen Aufgabenstellung ist nicht erforderlich, nutzen Sie Ihre Zeit effizient zur Darstellung Ihres aktuellen Standes!

Beachten Sie dabei, dass Ihnen limitierte Zeit und beschränkte Anzahl von Folien zur Verfügung stehen (siehe die allgemeine Anleitung). Daher beschränken Sie sich auf kompakte Darstellung der Hauptzustandsmaschine und der Unterzustandsmaschine für *einen* Modus (Scout oder Park This). Stellen Sie hier nur die Zustandsübergangsdiagramme ohne Aktionentabellen vor. Beachten Sie jedoch, dass die wichtigste Bedeutung der Zustände und Übergänge nachvollziehbar ist (wenn erforderlich versehen Sie die Zustandsübergangsdiagramme mit kompakten Kommentaren bzw. Hinweisen). Für alle anderen Modi zeichnen Sie Zustandsübergangsdiagramme auf den Folien aber zeigen Sie diese Folien im Vortrag nur sehr kurz. Der Entwurf für *Pfadgenerator* sollte mithilfe von Skizzen und Formeln ebenfalls kompakt gezeigt werden.

6.2 PRÄSENTATION IN DER 2. VERTEIDIGUNG

In der 2. Verteidigung wird das Gesamtergebnis des Projektes vorgestellt. Die Präsentation (die Vorführung und der Vortrag) muss *alle* in der Aufgabenstellung angegebenen Funktionen und Anforderungen berücksichtigen.

Die erforderliche Gliederung der Vortragsfolien ergibt sich aus der 1. Verteidigung *unter Beachtung*, dass alle Entwürfe jetzt als endgültige Lösungen präsentiert werden müssen.

Im Vortrag muss der *endgültige* Entwicklungsstand zu *jedem* Gliederungspunkt vorgestellt werden.

Da die Vortragszeit auch beschränkt ist, nutzen Sie eine ähnliche Strategie, wie für die 1. Verteidigung vorgegeben ist.

7 DOKUMENTATION

In der Dokumentation sollen die Lösungen und Lösungswege zu den gestellten Aufgaben nachvollziehbar und ansprechend dargestellt werden. Der Umfang der Dokumentation soll **15 Seiten pro Student** nicht überschreiten. Weitere Hinweise zum Umfang, zur Bewertung und Abgabe der Dokumentation sind in der allgemeinen Anleitung zu finden.

Der Inhalt der angefertigten Dokumentation muss sich an nachfolgend gegebenes Inhaltsverzeichnis orientieren:

1. Analyse der Aufgabenstellung
 - 1.1. Allgemeine Funktionsbeschreibung/Ziele
 - 1.2. Geplantes Vorgehen
 - 1.3. Schnittstellen und Zusammenarbeit zu/mit anderen Modulen/Modulverantwortlichen
2. Entwurf Missionsplaner
 - 2.1. Geforderte Funktionen
 - 2.1.1. ...
 - 2.1.2. ...
 - 2.2. Hauptzustandsmaschine (inkl. Aktionentabelle und Beschreibung jedes Zustands)
 - 2.3. Unterzustandsmaschine ... (s.o.)
 - 2.4. ...
3. Entwurf Pfadgenerator
 - 3.1. Geforderte Funktionen
 - 3.1.1. ...
 - 3.1.2. ...
 - 3.2. Mathematische Beschreibung
4. Implementierung
 - 4.1. Missionsplaner
 - 4.2. Pfadgenerator
5. ... (selbst hinzugefügte Abschnitte)
6. Anmerkungen und Verbesserungsmöglichkeiten