DHBW
Duale Hochschule
Baden-Württemberg
Karlsruhe

Konzeption und Implementierung eines Sachwarmverhaltens von mobilen Kleinrobotern anhand eines Verfolgungsszenarios

STUDIENARBEIT

für die Prüfung zum

Bachelor of Science

des Studiengangs Informatik
Studienrichtung Angewandte Informatik

an der

Dualen Hochschule Baden-Württemberg Karlsruhe

13. April 2017

Name	Manuel Bothner	Simon Lang
Matrikelnummer	8359139	6794837
Kurs	TINF14B2	TINF14B2
Ausbildungsfirma	1&1 Internet SE	ifm ecomatic GmbH
	Brauerstr. 48	Im Heidach 18
	76135 Karlsruhe	88079 Kressbronn am Bodensee
Betreuer	Prof. Hans-Jörg Haubner	

DHBW
Duale Hochschule
Baden-Württemberg
Karlsruhe

Erklärung

(gemäß §5(3) der „Studien- und Prüfungsordnung DHBW Technik“ vom 29. 9. 2015)
Ich versichere hiermit, dass ich die Studienarbeit meiner Studienarbeit mit dem Thema: „Konzeption und Implementierung eines Sachwarmverhaltens von mobilen Kleinrobotern anhand eines Verfolgungsszenarios“ selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe. Ich versichere zudem, dass die eingereichte elektronische Fassung mit der gedruckten Fassung übereinstimmt.

Ort, Datum Unterschrift

Ort, Datum Unterschrift

DHBW
Duale Hochschule
Baden-Württemberg
Karlsruhe

Abstract

DHBW
Duale Hochschule
Baden-Württemberg
Karlsruhe

Zusammenfassung

DHBW
Duale Hochschule
Baden-Württemberg
Karlsruhe

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis

AOT Ahead of Time.

API Application Programming Interface.

App Application.

ARM Acorn RISC Machines.

CLI Common Language Infrastructure.

CLR Common Language Runtime.

CSS Cascading Style Sheets.

DLL Dynamic Linked Library.

HTML Hypertext Markup Language.

IL Intermediate Language.

JIT Just-in-Time.

JSON JavaScript Object Notation.

MVVM Model View ViewModel.

TCP Transmission Control Protocol.

UI User Interface.

XML Extensible Markup Language.

Glossar

Application Programming Interface Eine API ist eine Programmierschnittstelle, die die Anbindung von Software ermöglicht.

C# .

Eclipse .

EV3 .

Framework Ein Framework ist ein Rahmen zur Programmierung mit verschiedenen Softwarekomponenten.

Java .

JavaScript JavaScript ist eine Skriptsprache zur Entwicklung dynamischer Internetseiten.

leJos .

Objective-C .

Template .

TypeScript TypeScript ist eine objektorientierte Programmiersprache von Microsoft basierend auf den ECMA-Script-6 Standards.

Abbildungsverzeichnis

Tabellenverzeichnis

1 Einleitung

Heutzutage werden viele Arbeitsschritte in der Produktion, als auch Dienstleistungen von Maschinen verrichtet, da diese effizienter Arbeiten und weniger Kosten als Menschen verursachen. Da jede Maschine auf einen spezifischen Arbeitsschritt konfiguriert ist, müssen die verschiedenen Maschinen untereinander wie ein Schwarm agieren. Diese Verhaltensstrukturen kommen ursprünglich aus dem Tierreich, wie Fischschwärme, Ameisen oder Bienen. Hierbei erledigt jedes Individuum seine zugewiesenen Aufgaben und hält die anderen Parteien auf dem aktuellen Stand.
In diesem Projekt werden diese Verhaltensmuster aus dem Tierreich aufgegriffen und anhand eines Verhaltensszenarios mit Kleinrobotern verwirklicht, die autonom agieren und kommunizieren, um zusammen ihr Ziel zu erreichen. Dabei sollen Konzepte, sowie Algorithmen für Schwarmroboter entstehen, die auch auf andere Szenarien angewendet werden können.

1.1 Ausgangslage

1.2 Zielsetzung

1.3 Erwartetes Ergebnis

2 Technische Grundlagen

2.1 Robotik

Tatsächlich gibt es Die VDI-Richtline 2860 von 1990 definiert einen Roboter wie folgt: »Ein Roboter ist ein frei und wieder programmierbarer, multifunktio- naler Manipulator mit mindestens drei unabhängigen Achsen, um Ma- terialien, Teile, Werkzeuge oder spezielle Geräte auf programmierten, variablen Bahnen zu bewegen zur Erfüllung der verschiedensten Auf- gaben.«
Auch wenn die Definition einige Eigenschaften eines Roboters ... So beschreibt diese Definition hauptsächlich stationäre Industrieroboter, wie sie in der Automatisierungstechnik verwendet werden, wie beispielsweise Schweiß- oder Lackierroboter in der Automobilfertigung oder Kommissionierroboter in der Logistik. Die genannten programmierten Bahnen sind dort möglich und sinn- voll, weil der Arbeitsprozess, dessen Teil der Roboter ist, gemeinsam mit dem Roboter und seiner Programmierung gestaltet wird:

2.1.1 Mobile Roboter

Diese Kapitel ... Anders

2.1.2 Sensorik

Diese Kapitel ... Sensoren lassen sich hinsichtliche ihrer Arbeitsweise und ... wie folgt klassifizieren:

- A
-
-
-

2.1.3 Antriebsarten

2.2 LEGO MINDSTORMS

LEGO MINDSTORMS ist eine seit 1988 existierende Produktserie des Spielwarenherstellers LEGO [vgl. 5, 21]. LEGO MINDSTORMS ermöglicht das Bauen, Programmieren und Steuern verschiedener LEGO Roboter. Dies Roboter bestehen dabei aus gängigen LEGO Teilen die auch in anderen LEGO-Produkten Verwendung finden, sowie speziellen LEGO-Komponenten wie einer zentralen Steuereinheit, Motoren und Sensoren.

2.2.1 Das EV3-System

Der 2013 erschienene EV3 ist das dritte System der LEGO MINDSTORMS Reihe. Die Bezeichnung setzt sich aus EV für Evolution und 3 für die 3 Stufe der LEGO MINDSTORMS-Serie zusammen [vgl. 5, Seite 21].
Im Vergleich zu den Vorgängersystemen verfügt das EV3-System über eine modernere und leistungsfähigere Steuereinheit und auch die anderen elektronischen Komponenten des System wurden an den heutigen Stand der Technik angepasst [vgl. 5, Seite 22].

Die folgende Abbildung X.X zeigt einige der zentralen Komponeten des EV3-Systems, wie die Steuereinheit (EV3-Stein), Motoren und vier Sensoren.

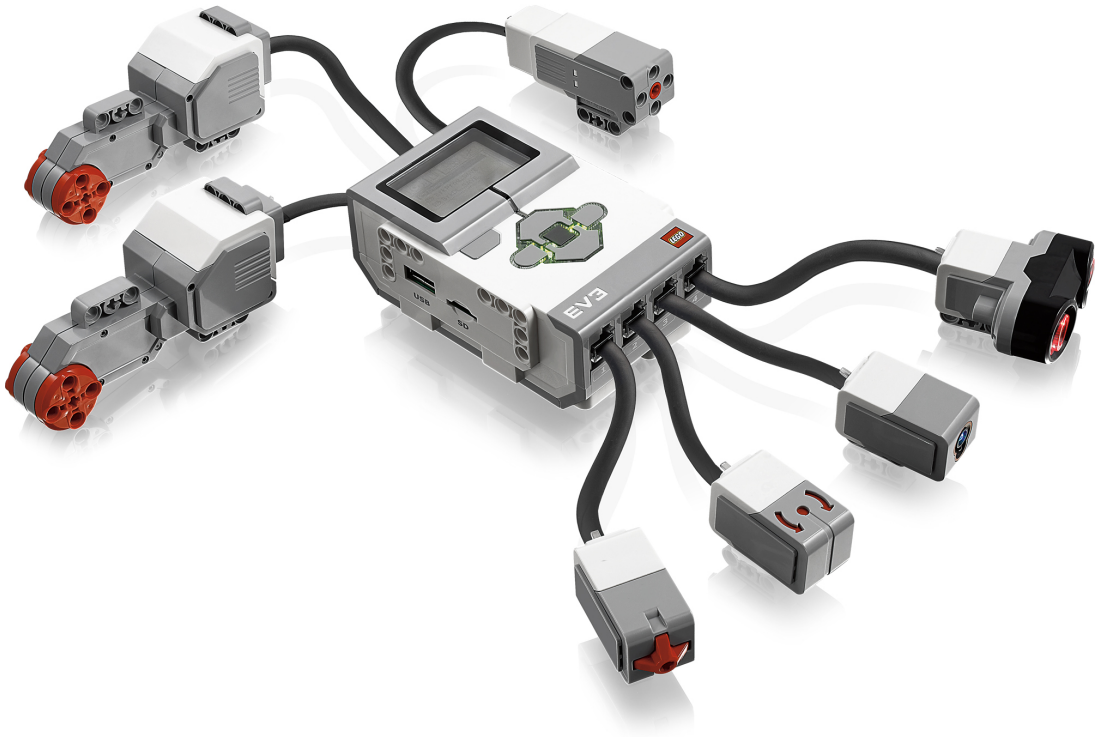


Abbildung 1: Zentrale Komponenten des EV3-Systems

Neben den elektronischen Komponeten gehören auch nicht elektronische Teile wie Verbindungsstücke, Balken und Zahnräder wie sie aus gängigen LEGO Produkten bekannt sind, zum EV3-System. Sie bilden die strukturelle und meschanische Grundlage der Roboter.

Im Folgenden wird auf die elektronischen Komponenten des EV3-Systems näher eingegangen. dieses Projekt eine deutlich größere Relevanzu aufweisen.

2.2.2 Der EV3-Stein (Steuereinheit)

Die zentrale Komponenten und das Gehirn des LEGO MINDSTORMS EV3-Systems ist die zentrale Steuereinheit kurz (EV3-)Stein oder auch Brick genannt. Bei ihm handelt es sich um eine Computer welcher selbständig Programme ausführen kann. Dazu verfügt

der EV3-Stein über ein Linux Betriebssystem und eine spezielle Firmware, die wie die auszuführenden Programme auf einem Flash-Speicher liegen [vgl. 5, 21].
Zur Kommunikation mit dem PC verfügt der EV3-Stein über eine USB- sowie Bluetooth-Schnittstelle. Neben der Kommunikation zu einem Computer kann die USB-Schnittstelle auch für den Zusammenschluss mit einem weiteren EV3-Stein (genannt Daisy Chain) genutzt werden [vgl. 5, Seite 21].
Für den Anschluss von Motoren und Sensoren verfügt der EV3-Stein über 8 Ports, an welche die anderen System-Komponenten müber Kabel mit RJ12-Steckern angeschlossen werden. 4 der Ports dienen für den Anschluss von Motoren, die restlichen 4 Ports für die Abfrage von Sensorwerte [vgl. 5, 21].
Der EV3-Stein besitzt an der Vorderseite ein LCD-Display zur Anzeige von Texten und Grafiken sowie 6 Knöpfe für die Bedienung durch den Benutzer. Display und Knöpfe dienen zur Bedienung der Firmware sowie zur Tätigung von Einstellungen, können aber ebenso durch Programmen angesprochen und ausgewertet werden Start Mein Kanal Trends Abos BIBLIOTHEK [vgl. 5, 21].

Die folgende Auflistung zeigt einige Leistungsmerkmale des EV3-Steins [vgl. 5, 4, Seite 23 f., Seite 32].

- Prozessor: ARM9 32Bit, 300 MHz, 16 MB Flash 64MB RAM
- Betriebssystem: Linux
- Sensoranschlüsse: 4x, Analog / Digital bis zu 460,8 Kbit/s
- USB-Schnittstellen: 2x, für Kommunikation zum PC, Daisy Chain, WiFi-Stick, USB-Speichermedium
- SD-Karten-Lesegerät: 1x, für MicroSD-Karte bis 32 GB
- User-Interface: 6 Knöpfe inkl. Beleuchtung
- Display: LCD Matrix, monochrom, 178 x 128 Pixel
- Kommunikation: Bluetooth v2.1, USB 2.0 (Kommunikation zum PC), USB 1.1 (Daisy Chain)

2.2.3 Motoren

Das EV3-System verfügt über zwei unterschiedliche Motoren, einen großen Motor und einen mittleren Motor. Bei beiden handelt es sich um Servormotoren mit integriertem Rotationssensor, welche von außen angesteuert und abgefragt werden können [vgl. 4, 92]. Die Motoren lassen sich sehr exakt steuern und ermöglichen so einen synchronen Betrieb mehrerer Motoren [vgl. 5, Seite 29 f.].

Die folgende Tabelle zeigt die wichtigsten Eigenschaften der beiden Motoren.

Eigenschaft / Motortyp	Großer Motor	Mittlerer Motor
Winkelgenauigkeit	1 °	1 °
Umdrehungen	160 bis 170 U/min	240 bis 250 U/min
Drehmoment Rotation	20 Ncm	8 Ncm
Drehmoment Stillstand	40 Ncm	12 Ncm
Gewicht	76g	36g

Tabelle 1: Eigenschaften der EV3-Motoren

2.2.4 Sensoren

Zum EV3-System gehören eine Reihe von verschiedenen Sensoren die es den Robotern ermöglichen Informationen über ihre Umwelt zu sammeln sowie ihre Eigenbewegungen zu erfassen. Im folgenden Abschnitt werden die wichtigsten Sensoren mit ihren Leistungsmerkmalen beschrieben.

Farbsensor Der Frabsensor ist ein digitaler Sensor der dazu dient die Lichtintensität sowie verschiedener Farben zu erkennen. Der Sensor kann sowohl aktiv als auch passiv betrieben werden und verfügt dafür über vier unterschiedliche Betriebsmodi [vgl. 4, 101]:

- Farbmodus (passiv) - In diesem Modus erkennt der Sensor 7 verschiedenen Farben.
- RGB-Modus (aktiv) - In diesem Modus sendet der Sensor nacheinander rotes, grünes und balues Licht aus, je nachdem zu welchem Anteil ein Gegenstand die einzelnen Farben reflektiert wird die Frabe des Gegenstands ermittelt.
- Rotlicht-Modus (aktiv) - Bei diesem Modus wird Rotlicht ausgesendet und die Intensität des reflektierten Lichts gemessen.
- Umgebungslicht-Modus (passiv) - Bei diesem Modus wird die Intesnsität des in das Sensorfenster eindringende Umgebungslichts gemessen.

Eigenschaften:

- Erkennung der Farben: keine Farbe, Schwarz, Blau, Grün, Gelb, Rot, Weiß, Barun
- Abtastrate: 1.000 Hz
- Entfrenung: 15 bis 50 mm

Durch diesen Sensor wird es beispielsweise möglich den Roboter einer frabigen Linie auf dem Boden zu folgen.

Ultraschallsensor Diese aktive Sensor verwendet für den Menschen unhörbaren Ultraschall um die Entfernung von Objekten zu ermitteln. Der Sensor emmitiert dazu Untraschall und misst die Laufzeit der Schallwellen, wenn diese von einem Objekt reflektiert werden, aus der Laufzeit kann dann die Entfernung ermittelt werden. Der Senors verfügt über zwei unterschiedliche Betriebsmodi [vgl. 5, 32 f.]:

- Messen - In diesem Modus sendet der Sensor Ultraschall aus um die Entfernung von Objekten zu ermitteln.
- Scannen - In diesem passiven Modus emittiert der Sensor selbst keinen Untraschall, sondern er reagiert auf »fremden« Ultraschall und kann so einen anderen aktiven Ultraschallsensor erkennen.

Eigenschaften:

- Genauigkeit: +/- 1 cm
- Messbereich: 3 cm bis 250 cm

Berührungssensor Der Berührungssensor ist ein einfacher mechanischer Sensor. Wird der Knopf am Ende des Senors gedrückt wird dies registriert. Trotz der Einfachheit dieses Sensors ist dieser dennoch sehr nützlich, da er beispielsweise die Kollision des Roboters mit einem Hindernis erkennen kann [vgl. 5, 33].

Kreiselsensor (Gyroskop) Der Kreiselsensor ermöglicht es Drehbewegungen um eine Achse über Rotationsgeschwindigkeit und Drehwinkel zu messen. Dadurch wird es möglich die Eigenbewegung des Roboters oder einer Roboterkomponente zu registrieren [vgl. 5, 33].

Eigenschaften:

- Genauigkeit: +/- 3° (bei einer 90° Drehung)
- Geschwindigkeit: maximal 440 Grad/Sekunde
- Abtastrate: 1.000 Hz

Rotationssensor (Integiert) Wie bereits im Abschnitt X.X dargelegt verfügen die beiden Motortypen über initgrierte Rotationssensoren die es ermöglichen, die Umdrehungen der Motoren auszulesen. Durch diese Sensoren ist es möglich durch Odometrie Rückschlüsse über die Bewegung bzw. Position des Roboters zu schließen.

Eigenschaften:

- Genauigkeit: 1°

- Umdrehungen: Motorabhängig

Neben den hier vorgestellten Sensoren existiert noch ein Infrarotsensor, welcher in Verbindung mit einer Infrarotfernsteruerung dazu dient einen EV3-Roboter fernzusteuern.

2.2.5 Programmierung

Für die Programmierung der LEGO MINDSTORMS Produkte gibt es eine Reihe unterschiedlicher Programmiersprachen und -umgebungen. Die hauseigene LEGO-Software zur Programmierung des EV3 richtet sich an Einsteiger. Sie ermöglicht es über eine grafische Oberfläche via vorgefertigter Programmabläufe welche durch grafische Blöcke repräsentiert werden den EV3 zu programmieren.[1]
Die Abbildung X.X gibt einen Überblick über verschiedene für den EV3 verfügbare Programmiersprechen sowie ihre Vor- und Nachteile.

leJOS Das LEGO Java Operating System abgekürzt leJOS ist ein Framework, das es ermöglicht den EV3 mit der Programmiersprache Java zu programmieren. Das leJOS-Projekt wurde 1999 gegründet und sämtliche Komponenten (wie auch Java) sind kostenlos verfügbar [vgl. 4, 21 f.].
leJOS bietet eine schlanke Java Virtual Machine (JVM) für den EV3-Stein sowie eine Klassenbibliothek mit welcher die Komponenten des EV3 (Motoren, Sensoren etc.) angesprochen werden können. Installiert wird leJOS auf einer bootbaren microSD-Karte und kann anschließend davon gestartet werden, ohne die auf dem EV3 vorhandene LEGO-Software zu löschen oder zu verändern [vgl. 4, 23 f.].
Durch leJOS ist es möglich den EV3 mit Hilfe der Hochsprache Java zu programmieren womit eine mächtige Programmiersprache zur Verfügung steht und die Vorteile der Objektorientierung für den EV3 genutzt werden können. leJOS bietet eine umfangreiche

Eigenschaft / Programmiersprache	leJOS	EV3-Software	RobotC	NEPO
Installation	+	++	+	+++
Handhabung	+	++	+	++
Kosten	kostenlos	kostenlos	49$	kostenlos
Einstieg	0	++	+	+++
Funktionsumfang	++	+	++	++

0 = neutral; + = gut; ++ = sehr gut; +++ = hervorragend

Tabelle 2: Eigenschaften der EV3-Motoren

Klassenbibliothek sowie gut dokumentierte API was unter anderem die Integration von weiteren Sensoren etc. erleichter [vgl. 4, 23 f.]. Im folgenden sind einige Features die leJOS bietet aufgelistet:

[1] [vgl. 4, 25 f.]

- Objektorientierte Programmierung mit Java
- Die meisten Klassen der Pakete `java.lang`, `java.util` und `java.io`
- Rekursion
- Synchronisation
- Multithreading
- Exceptions
- Vollständige Bluetooth unterstützung
- Unfangreiche Klassenbibliothek zum Steuern und Auslesen der EV3-Komponeten
- High-Level-Robotik-Tasks (Navigation, Localization etc.)

2.3 App Entwicklung

Eine App ist ein ausführbares Programm für mobile Geräte, wie Smartphones oder Tablets. Um eine App für ein mobiles Gerät zu entwickeln, müssen wie für andere Anwendungen im Voraus Anforderungen definiert werden, die diese erfüllen soll. Je nach festgelegten Anforderungen, die an das System gestellt werden, besteht eine bestimmte Anzahl von Möglichkeiten der Entwicklung. Allgemein kennt die App Entwicklung drei verschiedene Arten, die native, web und hybride Entwicklung, siehe (2.3.1), (2.3.2) und (2.3.3). Dabei werden verschiedene Frameworks verwendet, um mit unterschiedlichsten Programmiersprachen den Aufbau der Logik zu beschreiben. Eine App besteht immer aus zwei Teile, dem User Interface (UI), das meist mit einer Extensible Markup Language (XML) ähnlichen Sprache beschrieben wird und dem Programmcode, der sich auf viele Klassen verteilt und die Funktionalitäten der App beschreiben.

Abbildung 2: App Entwicklung

2.3.1 Native Apps

In der Entwicklung von nativen Apps werden die direkten Ressourcen des Gerätes verwendet. Dazu gehört die Laufzeitumgebung des Betriebssystemes, Bibliotheken und Hardwareschnittstellen. Der Vorteil von einer nativen Entwicklung liegt hauptsächlich darin, dass diese für das Betriebssystem optimiert ist und die vorhandenen Schnittstellen genutzt werden können, um komplexe und rechenintensive Anwendungen zu ermöglichen.[2]
Vertreter diese Entwicklung finden sich für verschiedene Betriebssysteme. Der populärste unter ihnen ist bei weitem Android mit einer nativen Java Entwicklung über Android Studio von Google. Sie besitzt aktuellen den höchsten Marktanteil und eine entsprechende Popularität unter Entwickler und Nutzer.

2.3.2 Web Apps

Die Entwicklung von web Apps arbeitet mit systemübergreifenden Ressourcen und greift auf gängige Webtechnologien, wie Hypertext Markup Language (HTML), Cascading Style Sheets (CSS) und JavaScript zurück. Die App wird hierbei nicht wie normale Anwendungen direkt auf dem System des Gerätes ausgeführt, sondern kommt in dessen Browser zur Ausführung. Der Vorteil hierbei ist vor allem, dass diese Art von App auf allen Betriebssystemen lauffähig ist und direkt über das Internet veröffentlicht und aktualisiert werden

[2][vgl. 1, Unterschiede und Vergleich native Apps vs. Web Apps]

kann, jedoch wird eine stabile Internetverbindung vorausgesetzt.[2]
Von dieser Entwicklung finden sich viele Vertreter mit der Unterstützung diverser Frameworks. Das populärste unter ihnen ist aktuell AngularJS von Google, was auf JavaScript basiert. In Kombination mit anderen Webtechnologien, wie HTML und CSS lassen sich perfomante web Apps entwickeln.

2.3.3 Hybride Apps

Die Entwicklung von hybride Apps vereinigt die beiden Entwicklungen von native und web. Sie besteht dabei aus einem nativen Rahmen, in der eine web App zur Ausführung kommt, diese besitzt entsprechende Zugriffsrechte auf Hardwareschnittstellen, um diese mit Application Programming Interfaces (APIs) anzusprechen.[3]
Diese Entwicklung ist aktuell noch sehr jung, jedoch stechen hier bereits verschiedene Vertreter hervor. Der populärste unter ihnen ist Ionic von Drifty, welches auf Apache Cordova als Basis zurückgreift. In Kombination mit AngularJS, TypeScript und anderen Webtechnologien lässt sich die web App entwickeln und auf einem beliebigen Gerät unter einem nativen Browser ausführen. Es unterstützt dabei verschiedenste Betriebssystem, wie Android, iOS und Windows. Diese Entwicklungen können dabei meist nicht nur mobil, sondern unter anderem auf weiteren Systemen, wie stationäre bereitgestellt werden.

2.3.4 Plattformübergreifende Entwicklung

Um die Entwicklung von Apps einfach zu halten, verwenden immer mehr Entwickler die Form der plattformübergreifenden Entwicklung. Dadurch lässt sich die App unabhängig des Betriebssystems entwickeln und kann somit eine größere Menge von Nutzern erreichen. Diese Entwicklung greift dabei meist auf plattformübergreifende Konzepte, wie eine native Laufzeitumgebung, oder Browser zurück, um darin die App auszuführen. Der große Vorteil in dieser Entwicklung, liegt in der Wiederverwendbarkeit des Quellcodes und der verbesserten Wartbarkeit, da hier lediglich ein Projekt gewartet werden muss und der Quellcode für viele Betriebssysteme übernommen werden kann. Zur plattformübergreifenden Entwicklung wurden die letzten Jahre viele Ansätze mit verschiedenen Frameworks entwickelt. Beispiele hierfür sind Ionic, Unity, Qt oder Xamarin.

[3][vgl. 3, Native App, Web App und Hybrid App im Überblick]

2.3.5 Xamarin

Xamarin ist ein Framework zur Entwicklung von nativen plattformübergreifenden Apps, welches auf Mono basiert, siehe (2.3.6). Um nativen Quellcode auf den verschiedenen Systemen auszuführen, setzt Xamarin auf verschiedene Softwarekomponenten, um aus einem mit .NET entwickelten Projekt nativen Quellcode zu erzeugen.

Abbildung 3: Xamarin

Für iOS Systeme verwendet Xamarin den Ahead of Time (AOT) Compiler, um aus einem Xamarin.iOS Projekt Acorn RISC Machines (ARM) Maschinencode zur erzeugen, der entsprechend schnell auf dem System ausgeführt werden kann.[4] Bei Android hingegen wird der Quellcode in Intermediate Language (IL) übersetzt, welches Just-in-Time (JIT) nutzt um zur Laufzeit Maschinencode für das entsprechende Gerät zu erzeugen.[4] Dazu nutzt Xamarin Softwarekomponenten, während der Laufzeit, um bestimmte Prozesse, wie Speicherverwaltung und Plattformoperationen. Zur Entwicklung bringt Xamarin eine große Bandbreite von Funktionalitäten für den Entwickler, wie Bibliotheken, eine Test Cloud, sowie Unterstützung von nativen Bibliotheken, wie für Java oder Objective-C. Xamarin bietet Unterstützung für diverse Betriebssysteme, wie zum Beispiel Android, iOS, Windows und Windows Phone. Um mit Xamarin zu entwickeln, gibt es aktuell verschiedene Möglichkeiten mit Unterstützung auf unterschiedlichen Betriebssystemen. Einerseits kann mit Xamarin Studio auf einem OSX System, oder mit Visual Studio auf Windows und Linux entwickelt werden. Wie viele andere Frameworks, bietet auch Xamarin verschiedene nützliche Templates, die jeweils andere Nutzen besitzen. Diese bauen dabei auf zwei Hauptkomponenten von Bibliotheken, einerseits Shared Projects und Protable Class Libraries.

Shared Projects ermöglichen dem Entwickler Quellcode für verschiedene Plattformen zu entwickeln, wobei die plattformspezifischen Projekte das entsprechende shared Project referenzieren. Somit besitzt diese Projektart keinen direkten Output, sondern kopiert den Quellcode in das zu entsprechend bauende Projekt, siehe Abbildung (4).[5] Der Hauptunterschied zu Standardprojekten liegt vor allem dar-

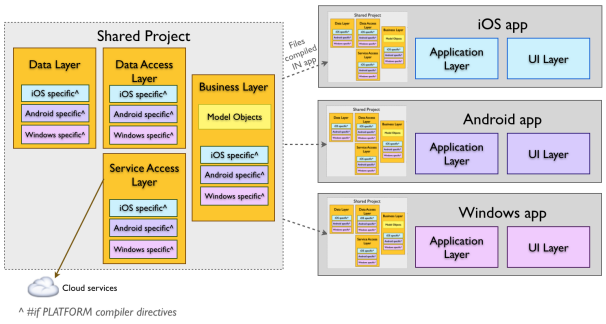


Abbildung 4: Shared Project

[4][vgl. 6, Introduction to Mobile Development - Xamarin]
[5][vgl. 8, Shared Projects - Xamarin]

in, dass ein shared Project keine Abhängigkeiten haben darf und daher lediglich als Referenz für andere Projekte dienen kann.

Protable Class Libraries ermöglichen dem Entwickler die Implementierung von plattformübergreifende Bibliotheken, aus denen Dynamic Linked Librarys (DLLs) erzeugt werden können. Das Besondere an Portable Class Libraries ist dabei, dass die Plattformen spezifisch ausgewählt werden können, wobei auf die Unterstützung verschiedener Betriebssysteme zu achten ist, siehe Abbildung (6).[6] Eine Portable Class Library besitzt darüber hinaus verschiedene Vor- bzw. Nachteile, die für oder Gegen ihre Nutzung sprechen.

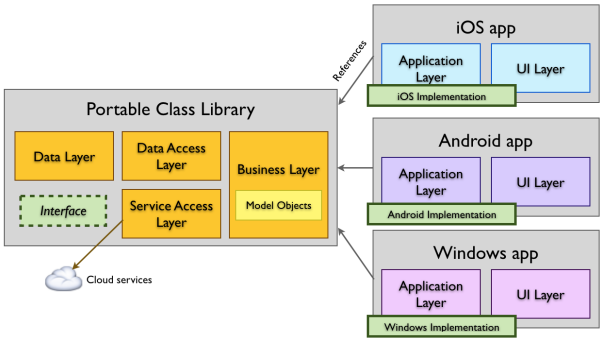


Abbildung 5: Portable Class Library

Vorteile:

- Implementierung von zentralem Quellcode
- Einfaches Refactoring
- Referenzierung von Anwendungen

Nachteile:

- Keine Referenzierung von Plattform spezifischem Quellcode
- Keine Standardbibliotheken vorhanden

Feature	.NET Framework	Windows Store Apps	Silverlight	Windows Phone	Xamarin
Core	Y	Y	Y	Y	Y
LINQ	Y	Y	Y	Y	Y
IQueryable	Y	Y	Y	7.5 +	Y
Serialization	Y	Y	Y	Y	Y
Data Annotations	4.0.3 +	Y	Y		Y

Abbildung 6: Unterstützung Portable Class Library

[6][vgl. 7, Introduction to Portable Class Libraries - Xamarin]

2.3.6 Mono

Mono ist ein opensource Framework, das auf dem .NET Framework von Microsoft basiert. Die Implementierung von Mono greift dabei auf die Standards von .NET für die Programmiersprache C#, sowie die Common Language Infrastructure (CLI) zurück.[7] Dies ermöglicht Entwicklern die Erstellung von plattformübergreifenden Anwendungen, welche mittels einer zur Verfügung gestellten Laufzeitumgebung auf verschiedenen Systemen ausgeführt werden können.

Abbildung 7: Mono

Um Anwendungen auf verschieden Systemen auszuführen, nutzt Mono verschiedene Komponenten. Dazu gehört an vorderster Stelle ein Compiler, um den erstellten Quellcode in die jeweilige Maschinensprache zu übersetzen. Die Übersetzung findet dabei in Kooperation der Mono Runtime statt, die die entsprechende Infrastruktur zur Ausführung der Anwendung bereitstellt. Für eine effiziente Entwicklung stellt Mono zwei Bibliotheken zur Verfügung, einerseits die .NET Class Library, die die Grundelemente von .NET enthält, sowie die Mono Class Library mit zusätzlichen Funktionen für plattformübergreifende Anwendungen.
Für die Nutzung von Mono stehen verschiedene Vorteile im Vergleich zu anderen Framework. Der Hauptgrund für die Nutzung liegt vor allem in der Popularität von .NET, da dies auf den meisten Computern zur Verfügung steht, oder installiert werden kann. Ein großer Nutzen stellt die High-Level Programmierung dar, die eine Implementierung mit einer Laufzeitumgebung ermöglicht, die Funktionen wie Speicherverwaltung selbst organisiert. Durch Verwendung der Common Language Runtime (CLR) kann der Entwickler seine übliche Programmiersprache verwenden und ist unhabhängig vom bestehenden System.

2.3.7 .NET Framework

Das .NET Framework dient zur Entwicklung, sowie Ausführung von Anwendungen, die mit Programmiersprachen implementiert werden, die auf den Standards von .NET basieren. Es besteht aus verschiedenen Komponenten, wobei der Kern des Frameworks in der CLR liegt. Diese ist verantwortlich für die Laufzeitumgebung und entsprechend für die Ausführung der Anwendungen, indem es die bereitgestellten Ressourcen des Systems nutzt.

[7] [vgl. 2, About Mono]

Die CLR führt zur Laufzeit je nach System verschiedene Aktionen aus, um die entsprechende Anwendung auszuführen. Der allgemeine Ablauf ist dabei folgender. Der Quellcode wird in die CLR geladen und nach Sicherheitsanforderungen entsprechend des Systems überprüft. Anschließend wird er durch eine JIT Kompilierung in einen IL Quellcode konvertiert, um diesen nativ auf dem System ausführen zu können. Der IL Quellcode setzt dabei auf die gesetzten Standards der CLI auf, die eine sprach- und plattformunabhängige Entwicklung von Anwendungen ermöglicht.

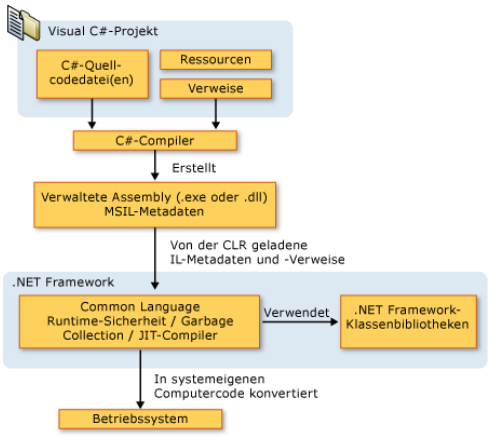


Abbildung 8: .NET Framework Ausführung

Das .NET Framework bietet zusätzlich zur unabhängigen Entwicklung verschiedene unterstützende Komponenten. Die wichtigste unter ihnen ist die .NET Class Library. Diese unterstützt den Entwickler mit einer Sammlung bereits implementierten Quellcode, wie Klassen und entsprechenden Zugang zu systemnahen Schnittstellen. Mit dem .NET Framework lässt sich eine große Bandbreite von Anwendungen entwickeln, von Konsolenanwendungen, grafischen Oberflächen, bis hin zu Webanwendungen.

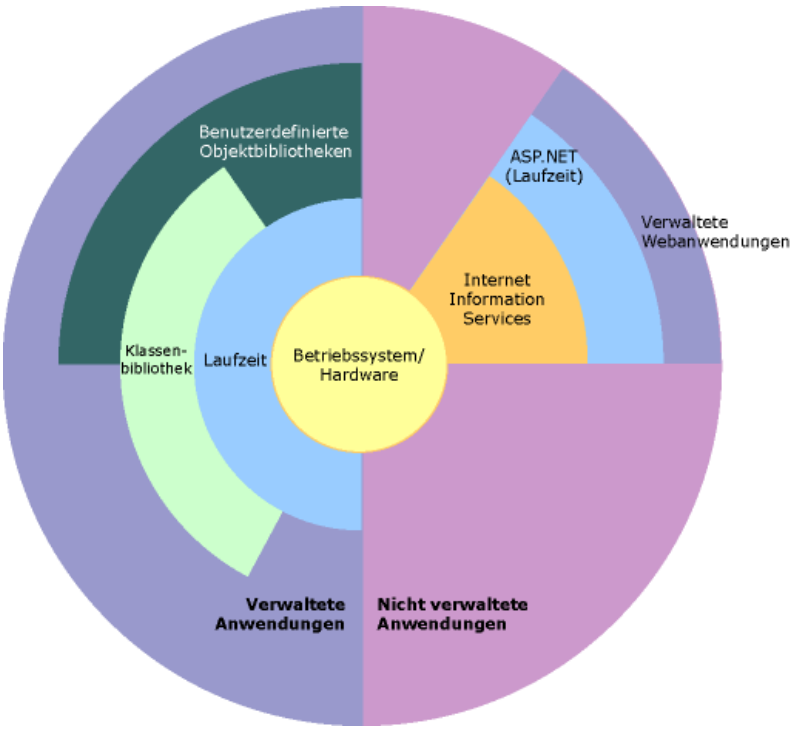


Abbildung 9: Common Language Runtime

3 Theoretische Grundlagen

3.1 Schwarmverhalten

3.1.1 Allgemein

3.1.2 Vorbilder aus dem Tierreich

3.1.3 Szenarien

3.1.4 Algorithmen

3.2 Kommunikation

3.2.1 Grundlagen

3.2.2 TCP/IP

3.2.3 Wifi

3.2.4 Serialisierung

4 Projektorganisation

4.1 Projektablaufplan

5 Konzeption

In diesem Kapitel werden die Anforderungsdefinitionen des Projektes, mit Spezialisierung auf die verschiedenen Use Cases beschrieben.

5.1 Anforderunsdefinitionen

Ein Schwarmverhalten zur Interaktion von Kleinroboter benötigt verschiedene Anforderungen, um korrekt untereinander agieren zu können. Die Basis hierbei bildet das Kommunikationssystem zwischen den einzelnen Komponenten, um erfasste Daten zuverlässig zu synchronisieren. Um die Daten entsprechend zu interpretieren benötigt jede Komponente den jeweiligen Aufbau der Kommunikation, damit diese verwertet und Aktionen ausgeführt werden können.
Diese Aktionen repräsentieren den Grundbestandteil des Schwarmverhaltens und sind auf die verschiedenen Systeme verteilt. Die Roboter benötigen hierbei implementierte Funktionen, wie das Ansteuern von Motoren, Sensorik, sowie die Aktualisierung, um erfasste Daten an Nutzer weiterzuleiten. Zur Steuerung dient eine App für mobile Smartphones mit einem UI um verschiedene Szenarien zu starten, sowie die Roboter kontrollieren zu können. Die Kontrollschnittstelle stellt dabei eine Desktopanwendung dar, über die der Nutzer mit den Robotern kommuniziert und Daten zur Steuerung abgreifen kann, wobei mehrere Nutzer zur selben Zeit mit verschiedenen Szenarien unterstützt werden sollen.

Damit bestehen folgende Anforderungsdefinitionen an die zu erstellenden Softwarekomponenten:

- Kommunikationssystem
- Interpretation
- UI
- Steuerungsfunktionen

5.2 Softwarearchitektur

Die Architektur des Schwarmverhaltens besteht aus drei Hauptkomponente, den Robotern, einer Desktopanwendung, sowie einer mobilen App, siehe Abbildung 10.
Diese Komponenten kommunizieren über ein drahtloses Netzwerk mittels Transmission Control Protocol (TCP) untereinander, indem diese Zeichenketten als JSON versenden. Dadurch lassen sich gesammelte Daten als Objekte kapseln und auf den verschiedenen Systemen entsprechend synchronisieren. Dies geschieht über eine Klassenstruktur, die Kommandos abbildet, durch die die kommunizierten Daten serialisiert und als Objekte dargestellt werden können.
Die Roboter basieren auf dem Java System leJos, da durch die bereitgestellten Bibliotheken für EV3 Systeme eine unkomplizierte Implementierung von Logik möglich ist, sowie eine direkte Unterstützung von Eclipse gegeben ist, um erstellte Software zu debuggen. Die Roboter unterstützen für ein Schwarmverhalten klassische Funktionen, um die Daten der vorhandenen Sensorik auszulesen, sowie Motoren anzusteuern. Diese Funktionen werden einerseits durch Kommandos ausgeführt um den entsprechenden Roboter zu steuern. Anderseits werden regelmäßig Daten durch einen Prozess erfasst, um diese auf dem Backend zu aktualisieren.
Die App beruht auf der plattformübergreifenden Implementierung mittels des Frameworks Xamarin um möglichst viele Systeme zu erreichen. Sie baut dabei auf ein einfaches UI mit dem Design Pattern Model View ViewModel (MVVM) auf, um diese von der eigentlichen Logik zu trennen und einen qualitativ hochwertigen Quellcode zu schaffen, der einfach gewartet werden kann. Die App besitzt Basisfunktionen zur Erstellung von Kommandos, die die Verwaltung von Szenarien veranlassen und steuert somit den Schwarm.
Das Backend dient als Kommunikationsschnittstelle des gesamten Systems und steuert die Kommandos für den Ablauf der Szenarien. Es besitzt ein UI mit Eclipse Realisierung zur Anzeige von erfassten Daten der einzelnen Komponenten und stellt diese anhand einer auswählbaren Hierarchie dar.

Abbildung 10: Softwarearchitektur

5.3 Steuerung

Die Steuerung des Roboterschwarms greift in sämtlich implementierten Szenarien auf die Sensorik des Smartphones als Basis zurück. Verwendet werden hierbei die Bewegungssensoren um eine Steuerung durch das Hin- und Herschwenken des Smartphones zu ermöglichen. Dies stellt eine intuitive Steuerung dar und ist für jeden neuen Nutzer schnell begreiflich. In Abbildung 11 ist die entsprechende Steuerung zur Bewegung des Roboters dargestellt. Um die Roboter möglichst genau zu steuern, erfasst die Sensorik laufend Daten, welche im UI angezeigt werden. Dadurch lässt sich eine Veränderung der Daten darstellen, die zu einer signifikant verbesserten Steuerung führen.

Abbildung 11: Steuerung

5.4 Szenarien

Zum Ablauf der Software greift der Roboterschwarm auf verschieden definierte Szenarien als Kontext zurück. Diese sind in Control, Synchron, Follow, Flee und Catch untergliedert, wobei ein Single mit einem Nutzer oder einem Mehrnutzersystem als Multi unterschieden wird. Der Multi Mode dient hierbei als Erweiterung zur Software und ist im vorliegenden System nicht implementiert und kann daher nicht genutzt werden. Folgend werden die einzelnen Szenarien beschrieben, die als Kontext für ein Schwarmverhalten genutzt werden können.

Control stellt eine direkte Steuerung eines einzelnen Roboters und fällt somit nicht unter die Kategorie Schwarmverherhalten. Dieses Szenario dient zur Entwicklung der grundlegenden Funktionen, auf denen das Schwarmverhalten und damit weitere Szenarien aufbauen.

Synchron stellt eine synchrone Steuerung von mehreren Robotern dar, in dessen Kontext jeder beteiligte Roboter identische Kommandos erhält. Durch eine entsprechende Aufstellung der Roboter lassen sich Schwärme aus dem Tierreich, wie Fische oder Vögel nachahmen.

Follow stellt eine Reihe von Robotern dar, indem der vorderste vom Nutzer gesteuert werden kann. Die restlichen Roboter erhalten ihrer Position in der Schlange entsprechend der Position ihres Vordermannes, zu dem diese vollkommen autonom fahren. Da diese Ablauf laufend wiederholt wird, stellen alle Roboter gesamt eine Schlange dar, wobei die einzelnen die Muskeln und der vorderste Roboter den Kopf repräsentiert.

Flee stellt ein Verfolgungsszenario dar, indem der Nutzer mit seinem Roboter vor anderen flieht. Dabei erhalten die restlichen Roboter laufend eine Position um immer näher an diesen heranzufahren. Sollte der Nutzer durch einen Roboter erwischt werden, ertönt ein Endsignal , wobei anschließend das Szenario beendet wird.

Catch stellt ein Verfolgungsszenario dar, indem der Nutzer die restlichen Roboter fängt. Diese fahren zufällig in verschiedene Richtungen davon. Sollte der Nutzer alle gefangen haben, ertönt ein Signal und beendet damit das Szenario.

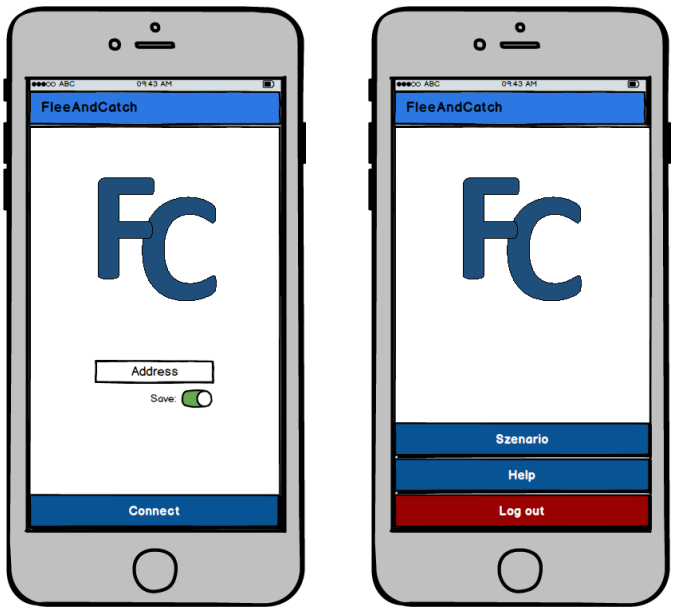
Abbildung 12: Logo

5.5 Use Cases

In diesem Abschnitt werden die Use Cases des Schwarmverhaltens beschrieben. Dabei wird insbesondere auf den Ablauf in Form von UMnified Modeling Language (UML) Diagrammen eingegangen.

5.5.1 Connection

Der Use Case Connection stellt den Ablauf eines Verbindungsaufbaus zwischen den Komponenten und der Desktopanwendung dar. Dies soll über die Nutzung eines drahtlosen Netzwerks mittels TCP Schnittstelle des Smartphones realisiert werden. Die IP-Adresse kann dabei durch die Verwendung einer SQLite Datenbank lokal gespeichert werden, um diese später bei einem erneuten Aufruf automatisch eintragen zu lassen. Zur Unterscheidung der verschiedenen Komponenten soll eine individuelle Identifikation erstellt werden, wobei der Typ der Komponente, sowie weitere Merkmale ersichtlich werden sollen.
Der Use Case soll dabei in zwei unterschiedliche Typen untergliedert werden, womit ein Verbindungsaufbau von einem Verbindungsabbau unterschieden werden kann. Der Ablauf eines Verbindungsaufbaus soll dabei für jede Komponente identisch abgewickelt werden, siehe Abbildung 14. Um eine entsprechend stabile Reaktionszeit der teilnehmenden Roboter zu garantieren, sollen zum Start des Verbindungsaufbaus wiederholt Kommandos versendet werden. Dies soll eine erhöhte Central Processing Unit (CPU) Laufzeit erreichen, um eine Zeitverzögerung zur Laufzeit der Szenarios zu verhindern.



(a) Log in (b) Home

Abbildung 13: Mockup Connection

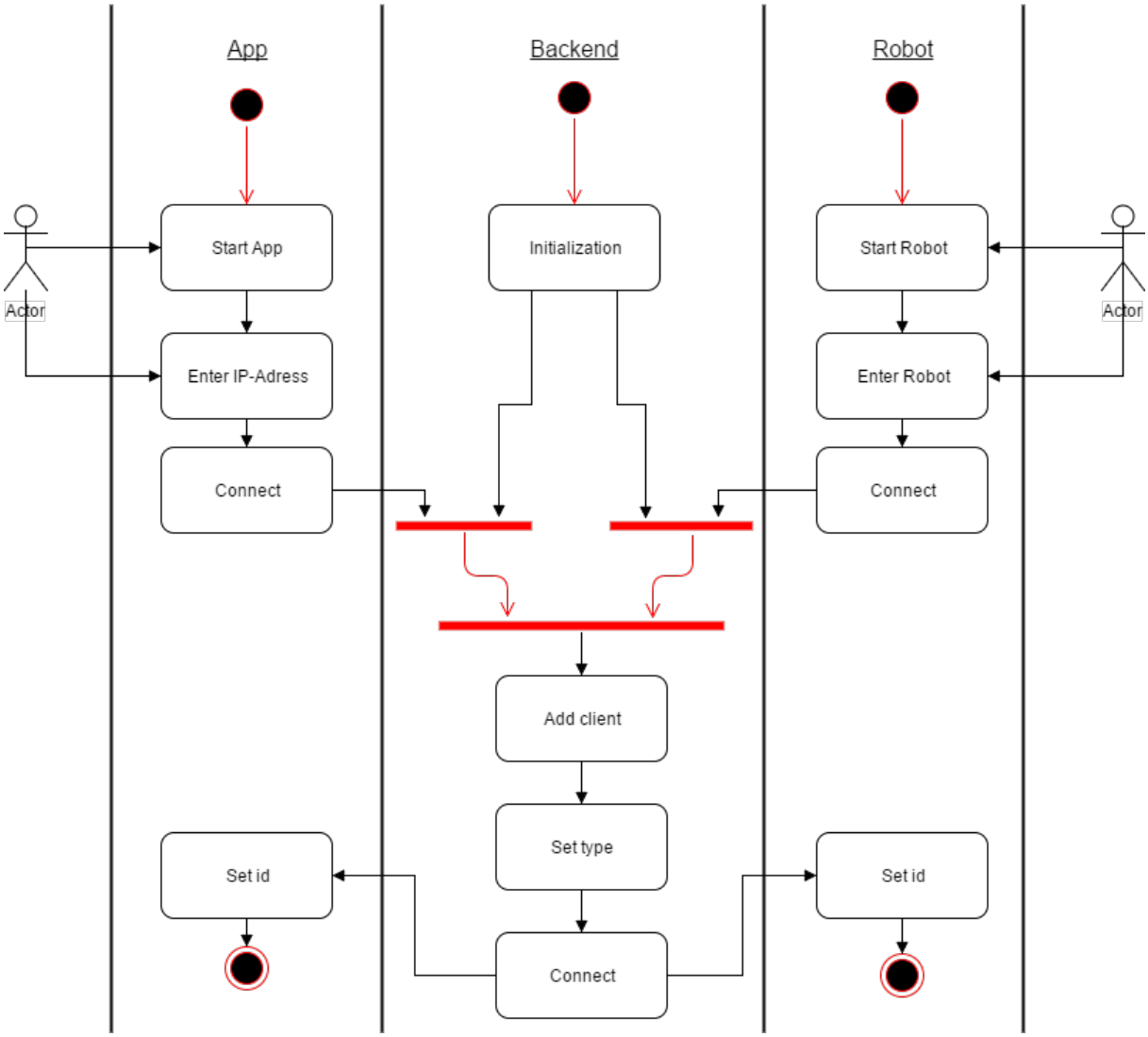


Abbildung 14: Use Case Connection

5.5.2 Synchronization

Der Use Case Synchronization stellt den Datenaustausch der beteiligten Komponenten dar, siehe Abbildung 16 und 17. Hierbei sollen verschiedene Typen unterschieden werden, wobei der komplette Datensatz in Form von allen Szenarien, Robotern, oder eines einzelnen Szenarios, sowie Roboters übertragen werden soll. Dies wird einerseits der Erstellung eines Szenarios dienen, als auch dessen Beobachtung durch den Spectator Modus. Die Übertragung eines einzelnen Roboter dient der Aktualisierung der jeweiligen Daten der Desktopanwendung, sowie der App, um diese laufend aktuell zu halten. Die synchronisierten Daten sollen des Weiteren auf den Komponenten über eine UI dargestellt werden können, um die Veränderung der aktuellen Daten zu verdeutlichen, sowie eine verbesserte Steuerung schaffen.

(a) Log in (b) Home

Abbildung 15: Mockup Synchronization

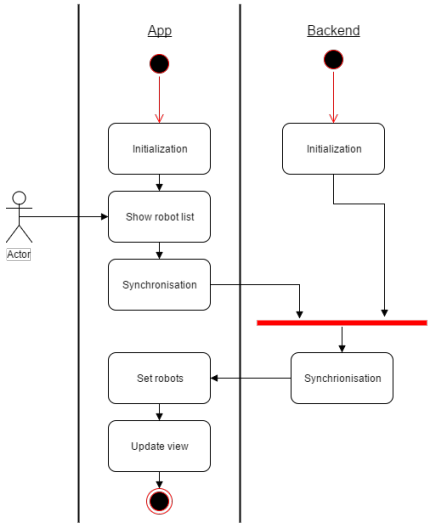


Abbildung 16: Use Case Synchronization

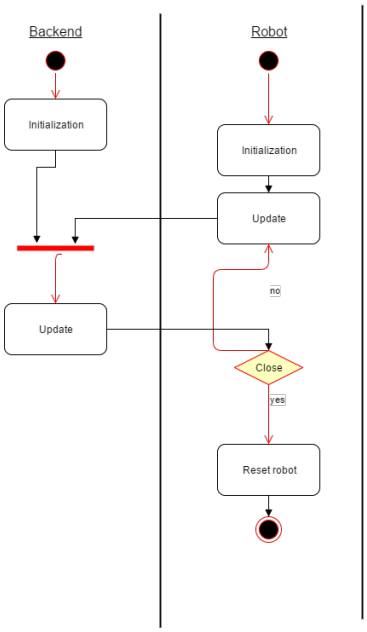


Abbildung 17: Use Case Update

5.5.3 Szenario

Der Use Case Szenario stellt den Ablauf der definierten Szenarien, zur Steuerung der Roboter dar, siehe Abbildung 19. Der Nutzer soll dabei zu Beginn das gewünschte Szenario, sowie die teilnehmenden Roboter festlegen. Anschließend wird das Szenario durch das Senden eines Kommandos gestartet, welches von der Desktopanwendung initialisiert wird. Dieses Kommando soll laufend wiederholt werden, um aktuelle Daten, wie Steuerungsinformationen an die Roboter weiterzuleiten. Zur Steuerung sollen hierbei eine direkte von einer positionsorientierten unterschieden werden, wobei die Roboter je nach Kommando die direkten Steuerungsinformationen oder eine anzufahrende Position erhalten.
Diese Implementierung soll den Vorteil einer Auslagerung der Programmlogik schaffen, indem die Ressourcen der Roboter geschont werden und die Logik zentral in der Desktopanwendung ausgeführt werden kann.

(a) Szenario (b) Spectator

Abbildung 18: Mockup Szenario

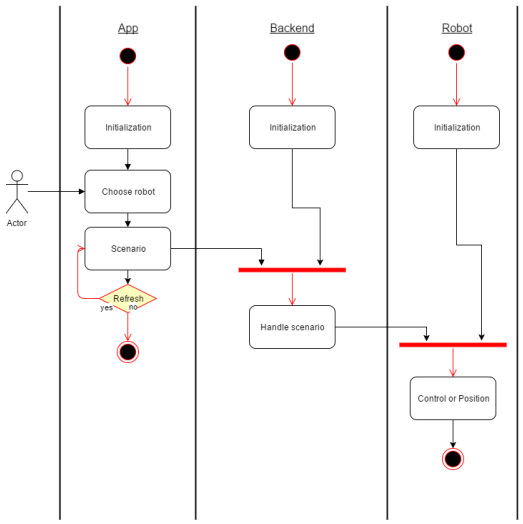


Abbildung 19: Use Case Szenario

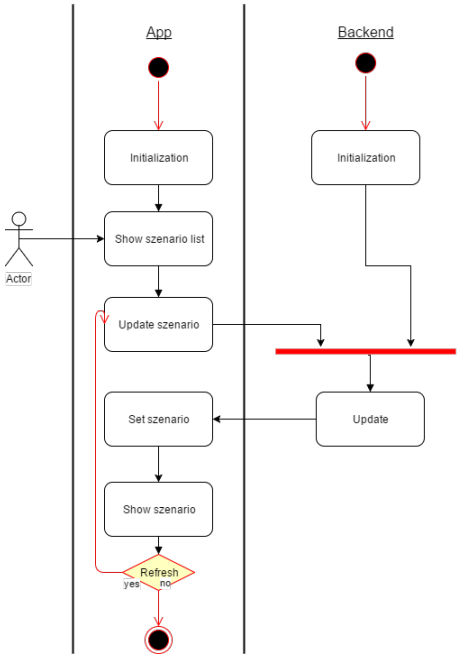


Abbildung 20: Use Case Spectator

5.5.4 Exception

Der Use Case Exception stellt den Ablauf einer auftretenden Exception in einem Roboter zum Kontext eines Verbindungsverlustes dar, siehe Abbildung 21. Dabei soll die auftretenden Nachricht, sowie die beteiligte Komponente der Desktopanwendung zugesendet werden. Dies soll ein kontrolliertes Schließen eines Szenarios ermöglichen, welches von einer solchen Exception betroffen ist. Die dabei teilnehmenden Komponenten, wie Nutzer und andere Roboter sollen entsprechend zurückgesetzt werden, damit diese für ein neues Szenario zur Verfügung stehen.

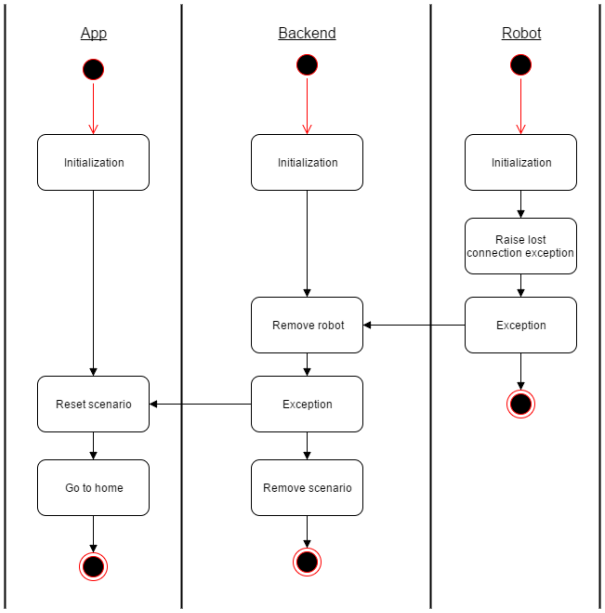


Abbildung 21: Use Case Exception

5.6 Kommunikation

Connection	
String id	Stellt den Identifikationsstring dar
String type	Stellte den Typen dar
String apiid	Stellt die verwendete API dar
ClientIdentification identification	Stellt das Identifikationsobjekt der Komponente dar

Tabelle 3: JSON Kommando Connection

Synchronization	
String id	Stellt den Identifikationsstring dar
String type	Stellte den Typen dar
String apiid	Stellt die verwendete API dar
ClientIdentification identification	Stellt das Identifikationsobjekt der Komponente dar
List scenarios	Stellt die aktuellen Szenarien dar, die übertragen werden
List robots	Stellt die aktuellen Roboter dar, die übertragen werden

Tabelle 4: JSON Kommando Synchronization

Scenario	
String id	Stellt den Identifikationsstring dar
String type	Stellte den Typen dar
String apiid	Stellt die verwendete API dar
ClientIdentification identification	Stellt das Identifikationsobjekt der Komponente dar
Scenario scenarios	Stellt das aktuell ablaufende Szenario dar

Tabelle 5: JSON Kommando Scenario

Exception	
String id	Stellt den Identifikationsstring dar
String type	Stellte den Typen dar
String apiid	Stellt die verwendete API dar
ClientIdentification identification	Stellt das Identifikationsobjekt der Komponente dar
Exception exception	Stellt die aktuelle Execption dar, die im Roboter auftritt

Tabelle 6: JSON Kommando Exception

Control	
String id	Stellt den Identifikationsstring dar
String type	Stellte den Typen dar
String apiid	Stellt die verwendete API dar
ClientIdentification identification	Stellt das Identifikationsobjekt der Komponente dar
Robot robot	Stellt den aktuellen Roboter dar
Steering steering	Stellt die aktuellen Steuerungsinformationen dar

Tabelle 7: JSON Kommando Control

Position	
String id	Stellt den Identifikationsstring dar
String type	Stellte den Typen dar
String apiid	Stellt die verwendete API dar
ClientIdentification identification	Stellt das Identifikationsobjekt der Komponente dar
Robot robot	Stellt den aktuellen Roboter dar
Position position	Stellt die anzufahrende Position dar
Speed speed	Stellt die einzustellende Geschwindigkeit dar

Tabelle 8: JSON Kommando Position

6 Implementierung

6.1 Kommunikation

6.2 App

6.3 Backend

6.4 Robot

7 Evaluation

8 Ausblick

Literatur

[1] Daniel Würstl. Unterschiede und vergleich native apps vs. web apps. URL http://www.app-entwickler-verzeichnis.de/faq-app-entwicklung/11-definitionen/107-unterschiede-und-vergleich-native-apps-vs-web-apps.

[2] Mono project. About mono | mono, 17.03.2017. URL https://www.mono-project.com/docs/about-mono/.

[3] Petra Riepe. Native app, web app und hybrid app im überblick: Warum native wenn es auch hybrid geht? URL http://www.computerwoche.de/a/warum-native-wenn-es-auch-hybrid-geht,3096411.

[4] Maximilian Schöbel, Thorsten Leimbach, and Beate Jost. *Roberta - EV3-Programmieren mit Java*. Roberta - Lernen mit Robotern. Fraunhofer-Verl., Stuttgart, 2015. ISBN 9783839608401.

[5] Matthias Paul Scholz, Beate Jost, and Thorsten Leimbach. *Das EV3 Roboter Universum: Ein umfassender Einstieg in LEGO MINDSTORMS mit 8 spannenden Roboterprojekten*. 1. auflage edition, 2014. ISBN 3-8266-9473-2.

[6] Xamarin. Introduction to mobile development - xamarin, . URL https://developer.xamarin.com/guides/cross-platform/getting_started/introduction_to_mobile_development/.

[7] Xamarin. Introduction to portable class libraries - xamarin, . URL https://developer.xamarin.com/guides/cross-platform/application_fundamentals/pcl/introduction_to_portable_class_libraries/.

[8] Xamarin. Shared projects - xamarin, . URL https://developer.xamarin.com/guides/cross-platform/application_fundamentals/shared_projects/.

Anhang