Es handelt sich hier nur um einen Vorschlag für die Struktur des Dokuments. Das Ding erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit, sondern ist das Ergebnis von maximal 15 Minuten „Fuck, wir müssen den Shit fertig machen, ich fang mal an lol“. Bevor wir dann wirklich anfangen aufzuteilen, wer was schreibt (abseits der offensichtlichen Stellen), sollten wir die Struktur des Dokuments **zusammen** durchgehen und finalisieren. Btw, ich hab keinen Plan von Latex, sollte ich also gegen irgendwelche Konventionen verstoßen haben würde es mich nicht wundern... Hoffe aber es passt einigermaßen. Manu

Robotik Dokumentation - Team Robofreunde n.V.

Lohr, Schramm, Stumpf, Weber, Wurth

19. Juli 2015

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung

Verfasser: Stumpf

Die Lehrveranstaltung Robotik im SS-2015 hatte die Programmierung des NAO – eines humanoiden Roboters von Aldebaran – als übergreifendes Thema. Diesem sollten für Fussball notwendige Bewegungsabläufe und Taktiken beigebracht werden. Aufgrund des großen Andrangs könnten sich nicht alle Teilnehmer mit dem einzigen zur Verfügung stehenden NAO Modell beschäftigen. Die Gruppe wurde also in ein Hardware und 2 Simulationsteams aufgeteilt.

Die vorgegebene Simulationumgebung war die auf Simspark basierende RoboCup 3D-Soccer Simulation League.
Das vorgegebene Ziel unserer beiden Simulationsteams war es, je eine eigene Mannschaft aufs Feld zu bringen und diese am Ende gegeneinander antreten zu lassen.

RoboCup ist eine Fussball-Liga humanoider Roboter. Die Teams mehrerer Länder treten

gegeneinander an um ein bestes Team zu ermitteln.

In der RoboCup Soccer Simulation League werden die Spiele simuliert. Die Roboter werden durch virtuelle Instanzen ersetzt, die über definierte Schnittstellen auf den Server verbunden und gesteuert werden können.

Es gibt eine 2D und eine 3D Version. Für uns war insbesondere die 3D Version interessant, weil NAO hier das aktuelle Robotermodell ist. Anforderungen und Regeln der 3D Version sind vergleichbar mit dem echten RoboCup.

Da die Schnittstellen zum Server auf sehr niedriger Ebene definiert sind - Bewegung von Gelenken - ist es für den Zeitraum der Lehrveranstaltung zu aufwändig, einen virtuellen Roboter komplett selbstständig zu entwickeln. Es gibt allerdings einige Frameworks, auf denen die eigene Arbeit aufgebaut werden kann.

2 Anforderungen

-> **TODO: Freddy???** *Was waren die allgemeinen Anforderungen?*

3 Zeitplan

-> **TODO: Stumpfi** *Was wurde wann gemacht?*

4 RoboCup Soccer Simulation League

Verfasser: Stumpf

Simspark ist die Engine, auf der der die RoboCup Soccer Simulation League aufgebaut ist. Es wird beschrieben als generisches Simulationssystem für mehrere Agents und ist bei Sourceforge als OpenSource Projekt registriert.

In der RoboCup Simulation können sich die Agents – NAO-Agents in 3D - - mit dem Server verbinden und über ein Textprotokoll mit diesem kommunizieren. In jedem Zyklus werden vom NAO-Agent Daten über die gewünschten Bewegungen der Effektoren (Gelenke) an den Server gesendet, der den virtuellen NAO entsprechend reagieren lässt. Als Antwort erhält der Agent Informationen über die Position seiner Effektoren und Daten seiner Sensoren (z.B. visuelle Sensoren, Lagesensoren).

Die erste Herausforderung war es, die Simulationsumgebung lokal auf jedem der Rechner zu installieren, um Entwicklung und Tests zu ermöglichen. Unsere Erfahrungen werden in diesem Abschnitt kurz zusammengefasst. Für das Endspiel wurde uns ein Rechner für die Installation des Servers zur Verfügung gestellt. Diese Aufgabe hat das andere

Simulations-Team übernommen.

Installationsanleitungen für verschiedene Systeme findet man im Wiki von Simspark auf http://simspark.sourceforge.net/wiki/index.php/Main_Page

Die benötigten Komponenten sind der Simulationsserver - rcssserver3d sowie der Monitor - rcssmonitor3d, der das Spielgeschehen grafisch darstellt. Die von uns verwendete Server Version ist v6.8.1.

4.1 Installation auf Windows Systemen

Verfasser: Stumpf

Trotz wiederholter Versuche von Teammitgliedern beider Teams haben wir die zu unserem Zeitpunkt zur Verfügung stehende Windows Version 6.7 nicht nicht zum Laufen gebracht.

4.2 Installation Linux Systemen

Verfasser: Stumpf

Sowohl auf ArchLinux und Debian ist die Simulationsumgebung lauffähig. Die Installation muss auf diesen Systemen allerdings manuell über das zur Verfügung stehende tar.gz erfolgen.

Auf Fedora hingegen funktioniert die Installation sehr komfortabel, da die Pakete im Paketmanager hinterlegt sind. `'yum install rcssserver3d'`

4.3 Installation Windows + VM

Verfasser: Stumpf

Um auf Windows Systemen dennoch entwickeln und testen zu können, haben wir eine VM mit Fedora aufgesetzt (z.B. Virtual Box) und auf dieser die Simulationsumgebung installiert. Es ist darauf zu achten, einen Netzwerkadapter als Host-Only Adapter einzurichten, um auf den Server zugreifen zu können.

In Kombination mit RoboViz (siehe Abschnitt 9) ist es möglich, nur noch den rcssserver3d in der VM zu starten, da der RoboViz Monitor problemlos auf Windows läuft.

5 Framework

Verfasser: Stumpf

Für die Entwicklung von Agents für die RoboCup Soccer Simulation League wird auf der Wiki Seite von Simspark eine Vielzahl von Frameworks vorgestellt. Nach Evaluation dieser stellt sich jedoch heraus, dass viele davon nicht mehr als ein grobes Gerüst für die Kommunikation mit dem Server, schlecht bis gar nicht dokumentiert oder seit Jahren nicht mehr gepflegt und damit inkompatibel zur aktuellen Server Version sind.

Die Frameworks, die nach näherer Untersuchung noch in Betracht kamen waren:

- Magma Offenburg (Java)
- libbats (c++)
- tinman (c#)
- Zigorat (c++)

5.1 Entscheidung für Magma

Verfasser: Stumpf

Folgende Punkte haben wir in einer Diskussionsrunde als Grundlage für die Entscheidung des Frameworks festgelegt:

- Umsetzung der Grundbewegungen soll vorhanden sein. Dazu zählen:
  - Gehen/Laufen
  - Aufstehen
  - Schießen
- Gute Dokumentation, vorzugsweise in Englisch.
- Programmiersprache sollte allen Gruppenmitgliedern bekannt sein.
- Das Framework sollte aktuell sein und noch gepflegt werden.
- Ein Worldmodel, welches Informationen über Spielzustand, Spieler auf dem Feld u.a. enthält, ist erwünscht.
- Beispielimplementierung eines Agents vorhanden.

Nach dem Ausscheiden der offensichtlich ungeeigneten Kandidaten haben wir uns letztendlich für Magma Offenburg entschieden. Grundlage für die Entscheidung war, dass Magma unsere obigen Anforderungen nahezu gänzlich erfüllt hat. Das einzige Manko, welches aber erst später in der Entwicklung deutlicher wurde, ist die Dokumentation.

Essenzielle Methoden sind zum Teil gar nicht, falsch oder unzureichend mit JavaDoc versehen.
Im Vergleich zu den anderen Kandidaten ausschlaggebend war unter anderem:

- Die Programmiersprache Java kam den meisten unserer Gruppenmitglieder sehr gelegen. In Absprache mit der anderen Simulationsgruppe wurde außerdem dafür gestimmt, unterschiedliche Sprachen zu verwenden. Ein weiterer Grund.
- Magma Offenburg bietet mehrere Schussimplementierungen, was zumindest tinman und libbats nicht vorweisen können.
- Die Trennung der Agents in logische Abstraktionsebenen, DecisionMaker (Trifft Entscheidung was zu tun ist), Believe (Gibt zurück ob ein Zustand zutrifft, z.B. "Liege ich am Boden?"), Behavior (Führt aus was zu tun ist) war uns sympathisch.

Hier noch einmal ein Überblick über Vorteile und Nachteile von Magma Offenburg:

Vorteile	**Nachteile**
Großer Funktionsumfang	Großer Umfang, komplex
Java	Gewachsene Struktur, unübersichtlich, viele nicht verwendete Klassen und Methoden
Abstraktionsebenen	viele Abhängigkeiten, Änderung an A -> Änderung an B notwendig
Worldmodel vorhanden	zum Teil fehlerhafter oder nicht implementierter Code
Agents implementiert	viele undokumentierte Erfahrungswerte, Optimierung erfordert zum Teil stupides Herumprobieren
Grundbewegungsabläufe implementiert	
Englische JavaDoc	

5.2 Magma Offenburg

Verfasser: Stumpf

Im Folgenden wird das von uns verwendete Framework Magma Offenburg näher erklärt. Dazu bietet sich an, einen kurzen Überblick über die Struktur und Abläufe eines Agents zu geben.

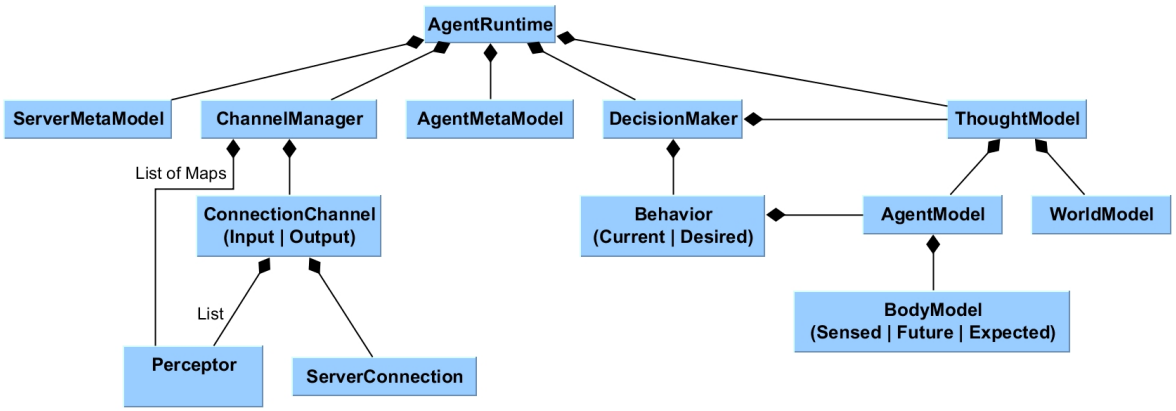

Abbildung 1: Magma Offenburg - Agent Runtime Architecture

In obiger Grafik kann man den groben Aufbau eines Magma Offenburg Agents erkennen. Die AgentRuntime ist der Java Prozess, welcher sich beim Server anmeldet und mit diesem kommuniziert.

Für die Kommunikation ist der ChannelManager zuständig, der die Verbindung zum Server vorhält, eingehende Daten verarbeitet (Parsen + update des Thoughtmodels) und ausgehende Daten serialisiert und an den Server weiterleitet.

Das AgentMetaModel liefert Metainformationen über den simulierten Agent, wie verfügbare Gelenke und verfügbare Sensoren.

Das ServerMetaModel enthält Informationen über den Server, wie aktuelle Versionsnummer, Dimensionen des Spielfelds und Namen der Landmarks.

Hinter dem DecisionMaker verbirgt sich die komplette Logik des Agents. Der DecisionMaker entscheidet über die nächste auszuführende Behavior (Aktion). Grundlage für die Entscheidung ist das Thoughtmodel, in dem sowohl für den Spieler spezifische als auch alle Daten des Worldmodels enthalten sind.

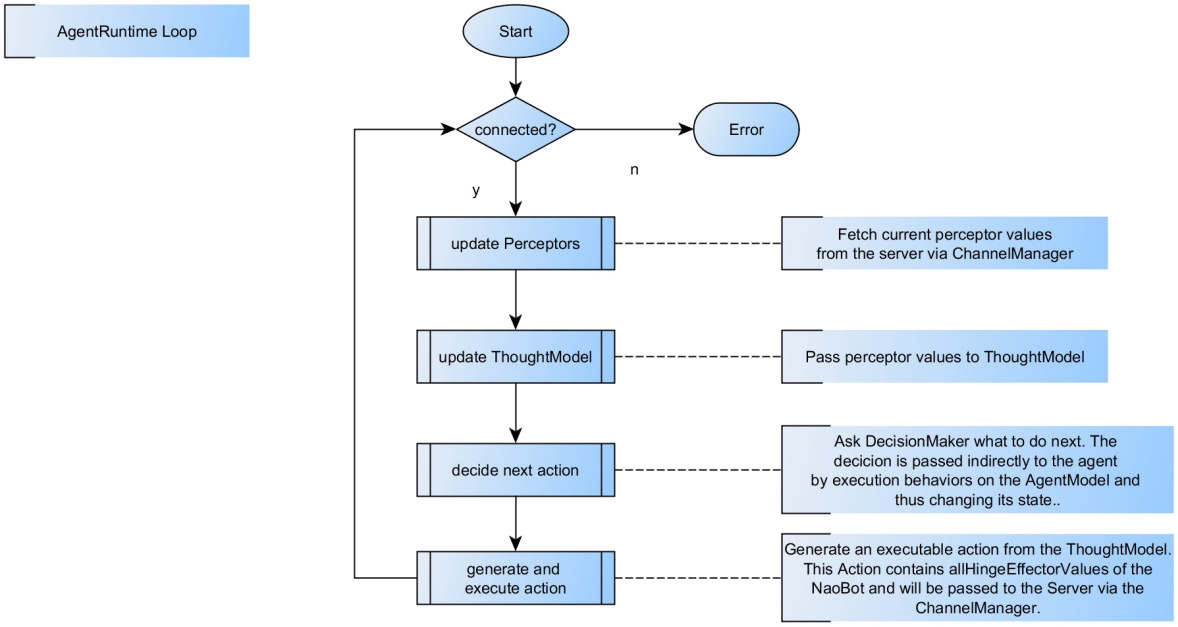

Abbildung 2: Magma Offenburg - Agent Runtime Loop

Der Agent Runtime Loop beschreibt, was für jeden Zyklus im Agent passiert.

Beim Eintreffen eines Pakets vom Server wird dessen information geparsed und die erhaltenen Werte vom ChannelManager in die Liste der Perceptors (Daten über Gelenkwinkel und Sensoren) geschrieben. Diese werden dann in jedem Zyklus in das Thoughtmodel übernommen.

Im Anschluss fragt der Agent seinen DecisionMaker, welche Aktion er denn ausführen soll. Dieser überprüft anhand einer Reihe von Believes, welche Behavior denn ausgehend vom aktuellen Zustand des Thoughtmodels am sinnvollsten wäre und gibt diese zurück.

Die für den nächsten Zyklus ausführbare Behavior wird nun wieder serialisiert und vom ChannelManager an der Server gesendet.

Mit der Antwort des Servers beginnt ein neuer Zyklus.

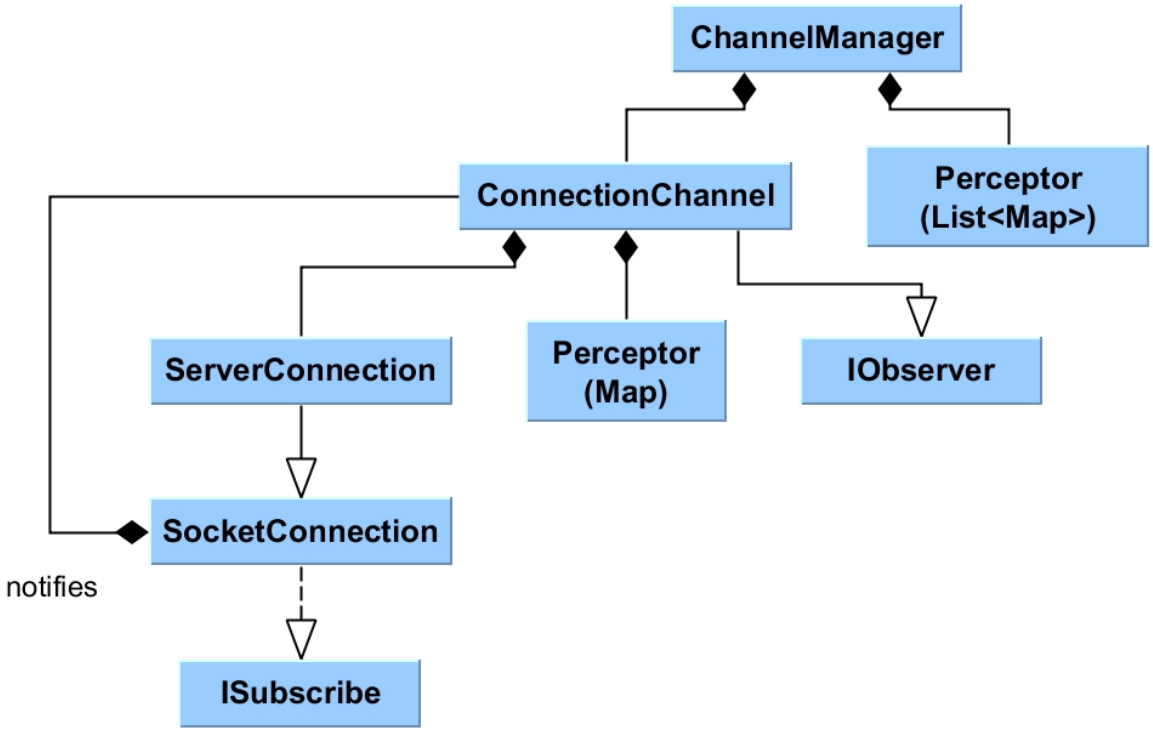

Abbildung 3: Magma Offenburg - Observer Structure

Da der ChannelManager auf dem Observer Pattern basiert, möchte ich dieses noch kurz darlegen. Der ConnectionChannel meldet sich bei der SocketConnection als Observer an. Die SocketConnection hält die eigentliche Verbindung zum Server. Ist nun bei der Socket Connection ein Paket angekommen, informiert es alle seine Observer, also die ConnectionChannel, welche dann das Paket abholen, parsen und die enthaltene Information in den Perceptors abspeichern. Aus diesen werden sie dann vom Agent ausgelesen und in das Thoughtmodel übertragen. (siehe Abbildung 2)

5.2.1 Agent Startup Routine

Verfasser: Stumpf

Welcher Agent mit welchen Eigenschaften gestartet werden soll ist über Kommandozeilenparameter konfigurierbar. Auf diese möchte ich im folgenden kurz eingehen:

```
-teamname="Robo1-playerid=2 -server=192.168.56.101 -port=3100 -loglevel=severe
-serverversion=68 -factory=NaoRF -decisionmaker=31 -homePosition=-15.0:0.0
```

- –**teamname:** Der Name des Teams. Der rcssserver3d weist Agents vom gleichen Team der gleichen Seite zu.

- –**playerid:** Die Spielernummer. Sollte unique sein.
- –**server:** IP-Adresse des Servers.
- –**port:** Port auf dem der rcssserver läuft. Standard ist 3100.
- –**loglevel:** Das Loglevel des Agents. Nur console logging, nicht grafisch.
- –**serverversion:** Version des Servers, entscheidet welche Serverkonfigurationsdatei verwendet wird.
- –**factory:** Die Factory entscheidet, welches Agent-Modell verwendet wird. NaoRF ist ein von unserer Grupper erstelltes Modell, welches den Nao um einiege zusätzliche Bahaviors erweitert und Fehler in den maximalen Winkeln der Gelenke behebt.
- –**decisionmaker:** Definiert den Decisionmaker für diesen Spieler. Zuweisung erfolgt nicht besonders elegant über einen Switch-Case in der Klasse ComponentFactory.java. Fall neue DecisionMaker angelegt und verwendet werden sollen müssen diese in der ComponentFactory hinzugefügt werden. Die 31 ist der von uns entwickelte Decisionmaker, der auf dem Strategy-Role-Modell (siehe Unterabschnitt 6.3) basiert.
- –**homePosition:** Dieser Parameter wurde von unserer Gruppe hinzugefügt. Damit lässt sich unabhängig von der Spielernummer eine HomePosition für den zu erstellenden Agent festlegen, von welcher aus dieser agiert.

Die Kommandozeilenparameter werden über die Klasse CommandlineParser.java eingelesen. Diese wurde wohl irgendwann einmal erweitert um obige Eingabemöglichkeit. Sollte der Commandline Parser irgendeinen der obigen –<param> Parameternamen nicht kennen, so wird er auf die alte Parser Version zurückfallen, die noch keine Namen für die Parameter kennt, sondern diese in einer bestimmten Reihenfolge erwartet. Das führt zu 100% zu einem Fehler, sollte also beachtet werden.

Unser KI-Konzept enthält einen Strategy Decider, der seine Entscheidungen anhand von Java-VM Parametern trifft. Sollte auf dem Strategy-Role-Konzept aufgebaut werden, bzw. dieses verwendet werden (z.B. DecisionMaker ID: 31), so müssen diese für eine korrekte Funktionalität gesetzt werden.

Beispiel eines defensiven Spielers, der ebenso Freistoß, Einwurf und Ecke spielen darf(comma-separated values):

```
-DplayableRoles=Defense,CornerKick,FreeKick,ThrowIn
```

Verfügbare Primär-Rollen:

- Keeper

- Defense
- Middle
- Attack

Verfügbare sekundäre Rollen:

- CornerKick
- FreeKick
- GoalKick
- ThrowIn
- KickOff

5.2.2 Verschiedene NAO-Models

5.2.3 DecisionMaker, Believes, Behaviors

Verfasser: Stumpf

DecisionMaker, Believes un Behaviors sind in Magma Offenburg ein eng verwobenes Konstrukt. Der DecisionMaker hat die Aufgabe, die Entscheidung über die nächste auszuführende Aktion zu treffen. Das zu implementierende Interface ist IDecisionMaker und definiert zwei relevante Methoden:

- `boolean decide();` Wird aufgerufen, wenn der DecisionMaker anhand des aktuellen Thoughtmodels eine Entscheidung über die nächste Aktion treffen soll. Überschreibt currentBehavior.
- `IBehavior getCurrentBehavior();` Gibt die aktuell auszuführende Aktion currentBehavior zurück.

Die konkrete Implementierung des DecisionMakers kennt die Instanz des Thoughtmodels und hat somit immer Zugriff auf alle aktuellen Informationen. Die konkrete Entscheidung der nächsten Aktion ist ausgelagert in die Believes, wie man an folgendem Codeausschnitt der Implementierung von `decide()` sehen kann.

```
1 .
2 .
3 .
4 void decide() {
5     .
6     .
7     .
8     IBehavior toExecute = null;
```

```
9
10      // temperature cool down
11      toExecute = temperatureCoolDown();
12      if (toExecute != null) {
13          return toExecute;
14      }
15      // what to do when the game is finished
16      toExecute = gameEndedAction();
17      if (toExecute != null) {
18          return toExecute;
19      }
20      // beam to this players starting position if it is allowed
21      toExecute = beamHome();
22      if (toExecute != null) {
23          return toExecute;
24      }
25      .
26      .
27      .
28      currentBehavior = toExecute;
29  }
30  .
31  .
32  .
33  protected IBehavior temperatureCoolDown()
34  {
35      IBelief tooHot = believes.get(IBeliefConstants.
            TEMPERATURE_HOT);
36      if (tooHot.getTruthValue() > 0.7) {
37          return behaviors.get(IBehaviorConstants.SHUT_OFF);
38      }
39      if (tooHot.getTruthValue() > 0.4) {
40          return behaviors.get(IBehaviorConstants.MOVE_ZERO);
41      }
42      return null;
43  }
44  .
45  .
46  .
```

Listing 1: Ausschnitt aus decide()

Wie man in obigem Codeausschnitt sehen kann, werden der Reihe nach, nach Prioritäten geordnet, verschiedene Believes abgefragt. Sollte eine der Believes zutreffen, oder über einem Schwellwert sein (siehe Methode `temperatureCoolDown()`), so wird die damit ver-

knüpfte Behavior zurückgegeben. Eine Behavior ist Zusammengesetzt aus Movements, von denen jede eine Reihe von gewünschten Winkelpositionen verschiedener Gelenke enthält, sowie Informationen in wie vielen Cycles und mit welcher Geschwindigkeit diese erreicht werden. Eine Behavior definiert somit einen Bewegungsablauf. Beispiele für Behaviors sind:

- Aufstehen
- Laufen
- Kicken
- Sich ausschalten
- Nichts tun
- Ball fokussieren
- usw.

Meist prüfen die Behaviors selbst noch einmal, ob das mit ihnen verknüpfte Belief auch zutrifft. Zum Beispiel wird der Kick nur ausgeführt, wenn der Ball auch Kickable ist (Siehe Belief BallKickable). Falls nicht wird entweder die NullBehavior zurückgegeben, also nicht getan oder ein Fehler geworfen.

5.2.4 Thought- und Worldmodel

Verfasser: Stumpf

Das Thoughtmodel steht für die Datenhaltung des Agents. Es definieren den Zustand, in dem sich der Agent und das aktuelle Spiel gerade befinden. Nicht alle Daten sind im Thoughtmodel selbst enthalten, es fungiert jedoch als Container für Worldmodel, Flagmodel und Agentmodel. Das Worldmodel ist hiervon das wichtigste, da es die meisten Informationen enthält. Die Kommunikation über das Say-Interface des Servers wird praktischerweise ausgenutzt, um das Worldmodel aller eigenen Agents möglichst konsistent zu halten. Die Spieler tauschen darüber Informationen wie die eigene Position aus, die dann mit dem Worldmodel der anderen Spieler abgeglichen wird. Positionen im Worldmodel sind immer aus Sicht des eigenen Teams angegeben. Der Ursprung des Koordinatensystems ist der Mittelpunkt des Spielfeldes. Die eigene Hälfte liegt dann im negativen Bereich der X-Achse, die gegnerische im positiven. Vom eigenen Tor aus gesehen links entspricht positiven Werten auf der Y-Achse, rechts negativen.

Im Folgenden einige Thoughtmodel spezifische Informationen, diese stehen immer in Bezug zum eigenen Agent:

- `getObstacles()` Hindernisse, die ich (eigener Agent) umgehen muss.
- `getPlayersAtMe()` Alle Spieler, geordnet nach Abstand zu mir.

- `getOpponentsAtMe()` Alle Gegner, geordnet nach Abstand zu mir.
- ...

Das Worldmodel enthält die meisten für das Spiel relevanten Informationen:

- `Ball getBall()` Das Ball Objekt enthält Informationen über den Ball (u.a. seine Position).
- `Vector3D getOwn/OpponentGoalPosition()` Position des eigenen/gegnerischen Tors.
- `GameState getGameState()` Spielstatus als Enum.
- `PlaySide getPlaySide()` Spielfeldseite als Enum.
- `float getGameTime()` Spielzeit.
- `int getGoalsWe/TheyScored()` Anzahl der eigenen/gegnerischen Tore.
- ...

5.2.5 Server Kommunikation

6 KI-Konzept

Für die KI wurde ein Konzept entwickelt, dass sich einfach in die bereits existierende Architektur des verwendeten Frameworks integrieren ließ. Ziel war es, eine möglichst flexible und gleichzeitig einfache Architektur zu entwerfen. Das Ergebnis ist eine Schichten-Architektur, deren Teilkomponenten einfach verändert oder ausgetauscht werden können. Nebeneffekte auf andere Module sind durch die Architektur weitgehend ausgeschlossen. So war es beispielsweise Problemlos möglich, verschiedene Herangehensweisen für die Implementierung von Rollen in das Gesamtsystem zu integrieren. Verschiedene Teammitglieder konnten also ihre selbst entwickelten Rollen schnell und einfach in das Gesamtsystem integrieren, ohne andere Komponenten anpassen zu müssen.

6.1 Anforderungen

Das gewählte Framework und die Tatsache, dass eine Steuerung für eigenständige Roboter entwickelt werden musste, stellt einige Anforderungen an die zu entwickelnde künstliche Intelligenz.

Jeder Roboter ist als unabhängiges Individuum zu verstehen. Das hat die direkte Folge, dass Entscheidungen nicht von einer übergeordneten Instanz getroffen werden können; Jeder Roboter muss aufgrund der ihm zur Verfügung stehenden Informationen seine eigenen Entscheidungen treffen. Das Fehlen einer zentralen Komponente erschwert es erheblich, ein aufeinander abgestimmtes Team-Spiel zu entwickeln. Dennoch gibt es für

dieses Problem gute Ansätze. Die Anforderung, die sich zusammenfassend daraus ableiten lässt, ist die Notwendigkeit einer dezentralen Lösung für die KI.

Eine weitere Anforderung ergibt sich aus der Wahl des Frameworks. Das Framework arbeitet weitgehend mit Polling, also einem kontinuierlichen Abfragen der nächsten Aktion. Es ist daher naheliegend, auch für die hier zu entwickelnde KI einen Ansatz mit Polling zu zu verfolgen.

Neben den mehr oder weniger durch die äußeren Umstände vorgegebenen Anforderungen haben wir noch weitere zwei Anforderungen definiert. Roboter sollen ihre Rolle dynamisch wechseln, außerdem soll es zusätzlich die Möglichkeit geben, die aktuell verfolgte Spiel-Strategie nach Bedarf zu ändern.

6.2 Komponenten

Das KI-Grundkonzept besteht aus insgesamt 4 Schichten. Jede Schicht kennt ausschließlich die darunterliegende Schicht. Die unterste Ebene definiert Grundlegende Bewegungen eines Roboters. Direkt darüber befinden sich Rollen. Rollen sind zum Beispiel „Stürmer“oder „Torwart“, aber auch Spezialrollen wie „Anstoß“oder „Freistoß“. Über den Rollen befindet sich die Strategie-Ebene. Auf höchster Ebene befindet sich der Strategie-Entscheider.

6.2.1 Elementare Bewegungen

Elementare Bewegungen sind die Grundlage für alle höheren Schichten. Sie sind die unmittelbare Voraussetzung die darüber liegenden Rollen, weil sie von diesen direkt benutzt werden. Elementare Bewegungen sind zum Beispiel: „Laufen“, „Aufstehen“, „Schießen“, oder „Dribbeln“. Abgesehen vom „Dribbeln“waren alle Bewegungen bereits mehr oder weniger funktionsfähig im Framework vorhanden. Dennoch musste an einigen Stellen optimiert und angepasst werden, siehe Kapitel **??**.

6.2.2 Rollen

Rollen definieren das Grundlegende Verhalten eines Roboters. Ein Verteidiger verfolgt eine andere Spielweise als ein Torwart. Alle unsere Rollen sind Statemachines. Eine wichtige Frage ist, wo und wie die KI für Standard-Situationen wie zum Beispiel den „Anstoß“in der Architektur verankert werden soll. Eine naheliegende Lösung ist die Definition von Spezialrollen, die genau diese Standard-Situationen behandeln. Die Alternative wäre eine Erweiterung aller Standard-Rollen um die Algorithmik der Standard-Situationen. Einen wirklichen Mehrwert hat man dadurch allerdings nicht, denn der Algorithmus um einen Anstoß zu machen benötigt keine Routinen eines Stürmers. Umgekehrt gilt das Selbe. Die Entscheidung fiel also auf die Definition von Spezialrollen, die genau diese Standard-Situationen umsetzen. Ein Spieler, der normalerweise zum Beispiel Stürmer ist, wechselt bei Bedarf einfach seine Rolle in „Anstoß“ und im Anschluss wieder zurück.

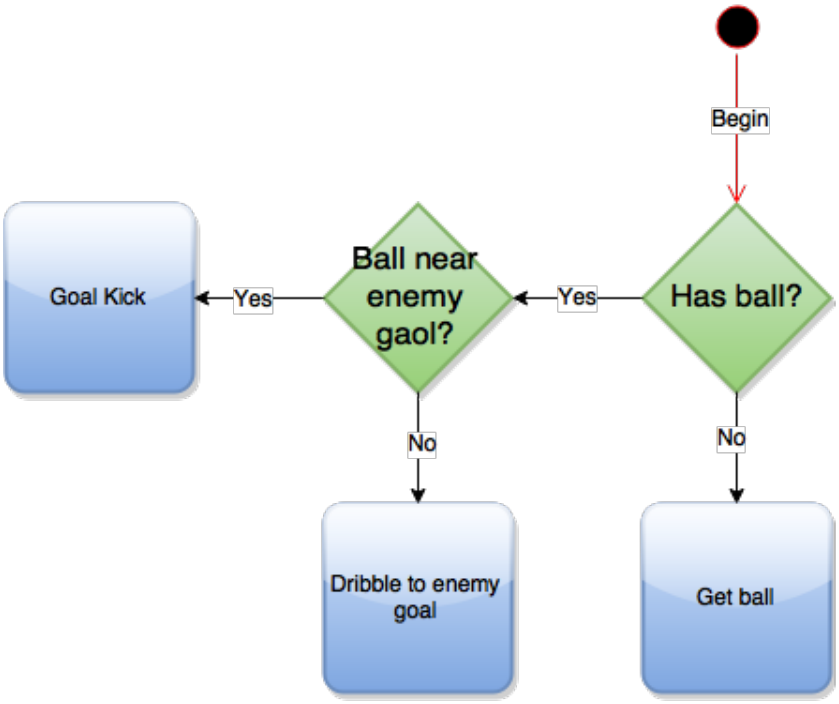

Abbildung 4: Beispiel Rolle: Einfacher Torwart

Abbildung 4 zeigt Beispielhaft den Entscheidungsbaum eines einfachen Torwarts.

6.2.3 Strategien

Rollen sollen nicht selbst entscheiden, ob und in welche andere Rolle gewechselt wird. Das widerspräche der Schichtenarchitektur. Deshalb wurde die darüber liegende Strategieschicht eingeführt. Die Aufgabe dieser Schicht ist es, Rollen dynamisch zuzuordnen. Daher ist die Bezeichnung „Strategie“auch treffend; Eine Strategie steuert unter Anderem die Gesamtaufstellung des Teams. Damit lässt sich die allgemeine Spielweise des gesamten Teams steuern, mehr Verteidiger bedeutet eine defensive, mehr Angreifer eine aggressive Strategie. Eine Strategie benötigt einen Pool an Rollen, die sie „verteilen“darf. Dieser Pool definiert die grundlegende Spielweise eines Teams. Aufgabe jeder Strategie ist es dann, Rollen dynamisch nach Bedarf zu verteilen. Darunter fällt auch die Vergabe der Spezialrollen.

6.2.4 Strategie-Entscheider

In der Strategieebene können verschiedene Strategien für verschiedene Gesamtaufstellungen des Teams definiert werden. Im Laufe eines Spiels kann es sinnvoll sein, die Aufstellung an die Gegebenheiten und Anforderungen an das Spiel anzupassen. Dafür Wurde auf höchster Ebene ein Entscheidungsmechanismus etabliert. Die Aufgabe dieser Schicht ist es, je nach Bedarf eine passende Strategie auszuwählen. Dafür gibt es

verschiedene Ansätze, zum Beispiel könnte eine passende Strategie je nach aktuellem Spielstand ausgesucht werden. Beispiel:

- Mannschaft liegt vorne: Defensive Strategie
- Unentschieden: Aggresive Strategie
- Mannschaft liegt hinten: Aggressive Strategie
- Mannschaft liegt hinten und Zeit läuft bald aus: Risiko Strategie

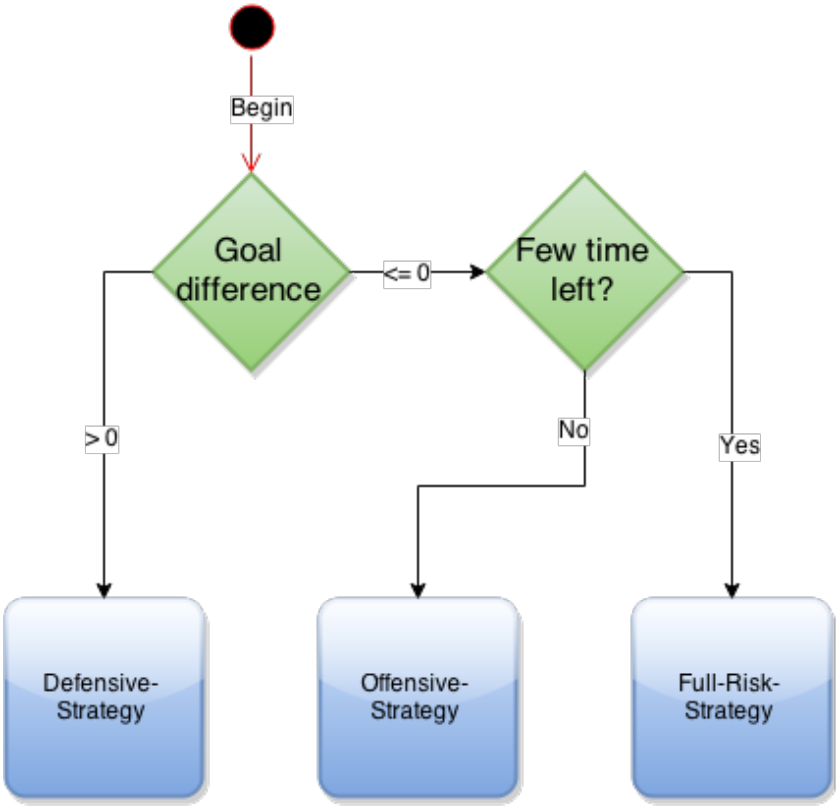

Abbildung 5: Einfacher Strategie Entscheider

Abbildung 5 zeigt den Enscheidungsbaum eines sehr einfachen Entscheidungsmeachanismus für Strategien.

6.3 Gesamtübersicht

Abbildung 6: Gesamtkonzept KI

Abbildung 6 zeigt das Gesamtkonzept mit allen 4 Ebenen. Ganz unten befinden sich die elementaren Bewegungen. Rollen werden auf der Schicht darüber definiert. Sie greifen als einzige Schicht auf elementare Bewegungen direkt zu. Über den Rollen befindet sich die Strategie-Ebene. Jede Strategie hält einen Pool an Rollen vor und Steuert damit die konkrete Aufstellung auf dem Spielfeld. Auf höchster Ebene befindet sich der Entscheidungsmechanismus, der Situationsabhängig eine passende Strategie aktiviert.

7 Elementare Bewegungen

7.1 Anforderungen

-> TODO: Stumpfi

7.2 Laufen

-> TODO: Felix

7.3 Dribbeln

-> TODO: Felix

7.4 Schießen

-> TODO: Stumpfi

7.4.1 Behaviors

-> TODO: Stumpfi

7.4.2 Evaluierung, Metrik Bots

-> TODO: Stumpfi

8 Rollen

Rollen legen fest, welches übergeordnete Ziel ein Roboter zu einem bestimmten Zeitpunkt verfolgt aber vor Allem, wie dieses Ziel erreicht werden soll. Ziele wie Aufstehen nach einem Sturz, oder die eigene Position vor dem Ball korrigieren, sind untergeordnete Ziele die vor allem in den elementaren Bewegungen verfolgt werden. Ein Stürmer, dessen finales Ziel es ist, ein Tor zu schießen, muss natürlich einige Schritte Vorarbeit zum Erreichen dieses Ziels leisten. Zum Beispiel muss er zuerst den Ball erobern. Die Algorithmik, die zum Erreichen eines solchen Ziels erforderlich ist, findet ihren Platz in den Rollen. Wie in Kapitel 6.2.2 bereits erwähnt, werden Rollen in zwei Kategorien unterteilt, nämlich Standard-Rollen und Spezial-Rollen.
Unter Standardrollen fallen alle normalen Spielertypen wie Stürmer, Verteidiger oder Torwart. In diesem Projekt wurden insgesamt 4 Standardrollen implementiert, deren genauere Beschreibung in diesem Kapitel Platz findet. Die Implementierung der Standardrollen wurde von verschiedenen Team-Mitgliedern durchgeführt. Stürmer und Torwart wurden von einer Person, Verteidiger und Mittelfeldspieler auch von jeweils einer Person entwickelt. Die Herangehensweisen unterscheiden sich deshalb zwischen den Rollen stark.

Spezialrollen wiederum kümmern sich um spezielle Situationen wie zum Beispiel den Anstoß oder den Kick-In.

8.1 Standardrollen: Torwart und Stürmer

Die Rolle Torwart und die Rolle Stürmer wurden von einer Person entwickelt. Sie teilen sich deshalb ein gemeinsames Grundkonzept.

8.1.1 Konzept

Wie alle anderen Rollen auch, sind die Rollen für Torwart und Stürmer State-Machines. Jede State-Machine beinhaltet mehrere States. Jeder State hat eine ganz bestimmte Aufgabe, zum Beispiel: Zu einer bestimmten Position laufen. Im Kern befindet sich innerhalb eines States nur die Parametrisierung einer konkreten elementaren Bewegung. Diese Bewegung kann dann mittels Poll von außen abgefragt werden.

Der erste Ansatz zur Modellierung der State-Machine war klassisch; Jeder State hatte eine bestimmte Menge an Folgestates und konnte demzufolge ausschließlich in diese

States übergehen. Nach und nach offenbarte sich aber die Problematik dieser Designentscheidung. Bei laufenden Tests viel auf, dass bestimmte Transitionen von einem in einen anderen State nicht bedacht wurden. Folglich musste die State-Machine überarbeitet werden. Das führte recht schnell zu einer anderen Herangehensweise; Jeder State hat jeden anderen State der State-Machine als potenziellen Nachfolger. Ein enormer Flexibilitätszuwachs zur ersten Variante. Jetzt konnte der Entscheidungsmechanismus zur Findung des nächsten States zentral etabliert werden.

Dazu wurde für beide Rollen jeweils eine Basisklasse angelegt. Diese Klasse kümmert sich um das Vorhalten aller States der StateMachine. Außerdem findet in ihr die Methode Platz, die einen Folgestate auswählt. Diese Methode ist das Herzstück der Rolle, sie definiert was wann gemacht werden soll.

```
1  public abstract class BaseAttackerCenter extends BaseState {
2      private DribbleState dribbleState;
3      private GoalKickState goalKickState;
4      private GoToBallState goToBallState;
5      private GoToPositionState goToPositionState;
6      private PassState passState;
7
8      public void bootstrap(DribbleState dribbleState,
9                            GoalKickState goalKickState,
10                           GoToBallState goToBallState,
11                           GoToPositionState goToPositionState,
12                           PassState passState)
13     {
14         this.dribbleState = dribbleState;
15         this.goalKickState = goalKickState;
16         this.goToBallState = goToBallState;
17         this.goToPositionState = goToPositionState;
18         this.passState = passState;
19     }
20
21     public BaseState decideNextState() {
22         ...
23     }
24 }
```

Listing 2: Beispiel Basisklasse Stürmer

2 Zeigt den Aufbau einer Basisklasse für States am Beispiel des Stürmers. Sie bekommt in der Methode bootstrap() von Außen alle States und hält sie dann vor. Außerdem befindet sich ab Zeile 21 der die Methode decideNextState().
Jeder Konkrete State leitet von diesem Basis-State ab und erbst somit alle States der

Statemachine sowie die Methode decideNextState().

```
1  public class GoToBallState extends BaseAttackerCenter {
2      IBehavior moveToBall;
3
4      @Override
5      public void init(Player player) {
6          super.init(player);
7          this.moveToBall = null;
8      }
9
10     @Override
11     public BotState update() {
12         BaseState nextState = decideNextState();
13
14         if (nextState == this) {
15             RunToPosition moveToBall = (RunToPosition)
                   getPlayer().getBehavior(IBehaviorConstants.
                   RUN_TO_POSITION);
16             moveToBall.setPosition(calcProperRunToBallPose(),
                   0, 0, 75, false);
17             this.moveToBall = moveToBall;
18             return null;
19         }
20         return nextState;
21     }
22
23     @Override
24     public IBehavior getBehavior() {
25         return this.moveToBall;
26     }
27 }
```

Listing 3: Beispiel eines konkreten States: GoToBallState

Listing 3 zeigt Beispielhaft den State, der für das Laufen zum Ball verantwortlich ist. Er hält eine sogenannte IBehavior vor, die am Ende für das Ausführen der Bewegung benötigt wird. Innerhalb des States findet also nicht die Ausführung der Bewegung statt, sondern nur deren Parametrisierung. In der update()-Methode passiert in Zeile 12 zuerst die Abfrage des für die aktuelle Situation besten States. Dazu wird die geerbte Methode decideNextState() aufgerufen. Nur wenn der zurückgegebene State er selbst ist, soll er seinen Code ausführen und die IBehavior bearbeiten (Zeilen 14 - 18). Wurde ein anderer State zurückgegeben, wird kein eigener Code ausgeführt und der neue State zurückgegeben (Zeile 20). Damit die IBehavior von außen abgerufen werden kann, wurde

hierfür ein Getter erzeugt (Zeilen 23 - 26).

8.1.2 Standardrolle: Torwart

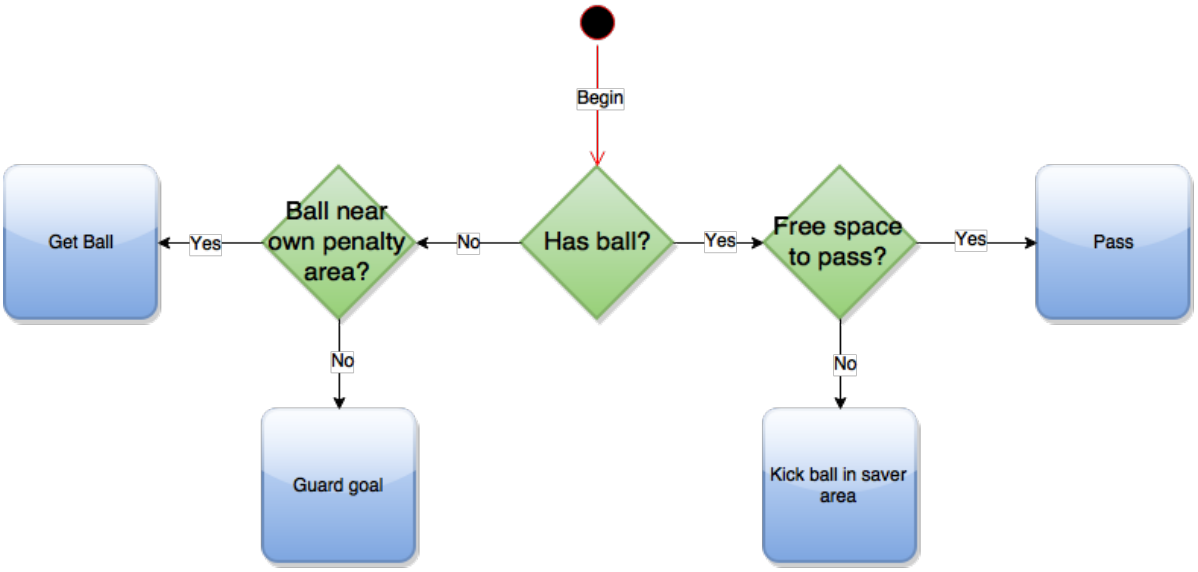

Abbildung 7: Torwart Entscheidungsbaum

Abbildung 7 zeigt den Entscheidungsbaum des Torwarts. Die Entscheidungsbäume von Torwart und Stürmer finden ihre direkte Umsetzung in der decideNextState() des Basis-States. Es war also sehr sinnvoll vor der Implementierung derartige Entscheidungsbäume zu entwerfen.

Die Statemachine des Torwarts besteht aus insgesamt 4 States. Die erste Überprüfung ist, ob der Spieler den Ball besitzt. Besitzt er den Ball, will er ihn schnell wieder loswerden, schließlich ist er ein Torwart. Dazu Sucht er im eigenen Team passende Passpartner. Ein passender Passpartner steht in einer passenden Entfernung und wird nicht von einem gegnerischen Spieler geblockt. Ist ein passender Spieler gefunden wird der Pass ausgeführt. Findet sich kein Spieler, soll der Ball in Richtung der Mittellinie geschossen werden, also möglichst weit weg von eigenen Tor.

Besitzt der Torwart den Ball nicht, kommt es darauf an wie weit der Ball weg ist. Ist der Ball ein gutes Stück entfernt, soll in den State GuardGoalState gewechselt werden. Was dieser State genau macht wird später beschrieben. Kommt der Ball dem eigenen Tor zu Nahe, soll der Torwart reagieren und auf den Ball zulaufen um ihn zu erobern.

Der GuardGoalState

Hat der Ball eine relativ große Entfernung zum Tor, soll sich der Torwart natürlich nicht vom eigenen Tor wegbewegen. Vielmehr sollte er eine geeignete Position vor dem

Tor einnehmen. Ziel ist es, eine möglichst große Fläche des Tors zu „verdecken“, um Distanzschüsse zu verhindern oder zumindest zu erschweren. Dafür ist der GuardGoalState zuständig.

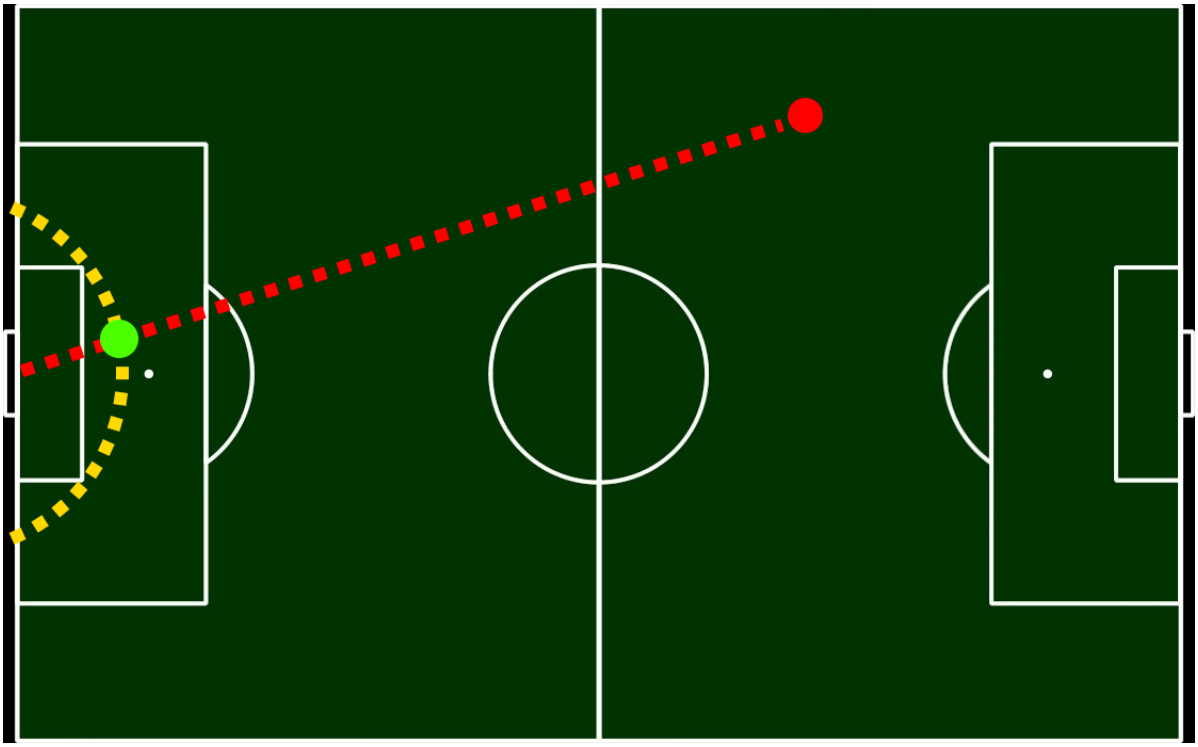

Abbildung 8: Veranschaulichung des GuardGoalStates

Abbildung 8 veranschaulicht die Berechnung der optimalen Position vor dem Tor anhand einer Grafik. Der gelbe Halbkreis definiert alle möglichen Positionen vor dem Tor, die der Torwart im GuardGoalState einnehmen kann. Die genaue Position hängt von der aktuellen Position des Balls ab. Dazu wird eine Gerade vom Ball in das Eigene Tor gelegt, der Schnittpunkt mit dem gelben Halbkreis entspricht der optimalen Position.

```
1 public Vector3D getGoodGoalieDefendPosition() {
2     Vector3D ballPosition = thoughtModel.getWorldModel().
          getBall().getPosition();
3     Vector3D goalPosition = thoughtModel.getWorldModel().
          getOwnGoalPosition();
4     Vector3D direction = ballPosition.subtract(goalPosition);
5     direction = direction.normalize().scalarMultiply(2.0f);
6     return goalPosition.add(direction);
7 }
```

Listing 4: Umsetzung des GuardGoalStates

Listing 4 zeigt die Berechnung der korrekten Position im Code. Notwendig sind jeweils die Position des Ball und des eigenen Tors (Zeilen 2 und 3). Dann wird ein Richtungsvektor berechnet, der vom Tor Richtung Ball zeigt (Zeile 4). Dieser wird zuerst normiert und dann auf die Länge 2 skaliert. Der Abstand 2 vom Tor hat sich als guter Wert herausgestellt (Zeile 5). Die gesuchte Position errechnet sich durch die Addition des Richtungsvektors auf die Torkoordinate (Zeile 6).

Energiesparmaßnahme
Der Torwart wird die meiste Zeit innerhalb des GuardGoalState bleiben. Bei jedem Poll wird eine neue Position anhand der Ball und Torposition berechnet, zu der er dann hinläuft. Bei Ball und Torkoordinate handelt es sich aber um circa Angaben, schließlich wird das Worldmodel anhand der Sensoren des Roboters kontinuierlich korrigiert. Dabei kommt es zu minimalen Schwankungen, die zu einer neu berechneten Laufposition führen. Somit kommt der Roboter quasi nie zum Stillstand, auch wenn er seiner berechneten Laufposition extrem nahe ist. Damit der Roboter stehen bleibt, wenn er hinreichend nahe an seiner Zielposition steht, wurde eine Energiesparmaßnahme etabliert.

```
1 if (nextState == this && (targetDistance > 0.2 || !
    angleCloseEnough(angleToBall))) {
2     ...
3 }
```

Listing 5: Energiesparmaßnahme Torwart

Listing 5 zeigt die Bedingungen für eine erneute Bewegnung. Nur, wenn die Zieldistanz einen hinreichend kleinen Wert überschreitet, oder der Winkel des Roboters zum Ball nicht gut genug ist, soll zur neuen Position gelaufen werden. Ursprünglich wurde nur die Distanz zum Ziel herangezogen, mit der Folge, dass der Roboter teilweise quer zum Ball stehen blieb. Damit verdeckt er aber weniger Fläche vom Tor, also wurde noch ein optimaler Winkel zum Ball miteinbezogen.

8.1.3 Standardrolle: Stürmer

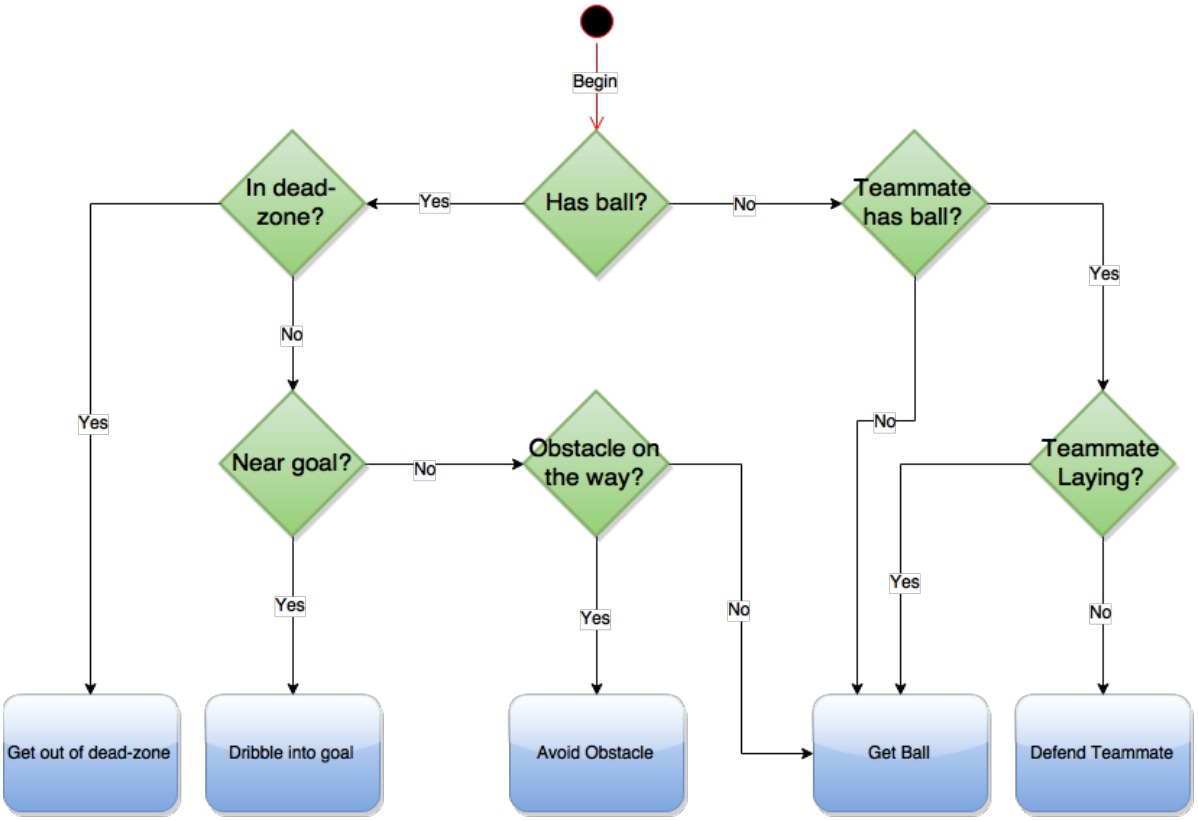

Abbildung 9: Stürmer Entscheidungsbaum

8.2 Standardrolle: Verteidiger

8.3 Standardrolle: Mittelfeld

8.4 Spezialrollen: Standardsituationen

-> **TODO: Stumpfi**

9 Grafisches Debugging

-> **TODO: Felix**

10 Strategien

11 Strategie-Entscheider

12 Zusammenfassung und Ausblick

Ergebnisse und Vermächtnis...

13 Verzeichnisse

Abbildungsverzeichnis

Listings