

Projektgruppenantrag

1 Thema

Gestenbasierte Freistöße antizipierender Fußballroboter

2 Zeitraum

Sommersemester 2023 und Wintersemester 2023/24

3 Veranstalter

Prof. Dr.-Ing. Uwe Schwiegelshohn
Raum IRF 314
uwe.schwiegelshohn@udo.edu

M.Sc. Arne Moos
Raum IRF 301
arne.moos@udo.edu

M.Sc. Aaron Larisch
Raum IRF 311
aaron.larisch@udo.edu

M.Sc. Diana Kleingarn
Raum IRF 310
diana.kleingarn@udo.edu

Institut für Roboterforschung
Abteilung
Informationstechnik

Institut für Roboterforschung
Abteilung
Informationstechnik

Institut für Roboterforschung
Abteilung
Informationstechnik

www.irf.de, www.naodevils.de

4 Aufgabe

Um in einer dynamischen Umwelt Entscheidungen treffen zu können müssen Fußballroboter autonom, mithilfe ihrer Wahrnehmung reagieren. Eine Verbesserung der Autonomie ist Gegenstand aktueller Forschung. Daher werden die Anforderungen an die Autonomie auch beim Roboterfußball als wichtiger, weltweit anerkannter Benchmark für KI-Systeme und autonome mobile Roboter zunehmend größer.

Zur Wahrnehmung stehen den Robotern diverse Sensoren und eingebaute Kameras zur Verfügung mit denen sie einen kleinen Ausschnitt des Spielfeldes wahrnehmen können. Diese Informationen werden analysiert und liefern zum Beispiel neue Positionen für Ball, eigene und gegnerische Spieler und erlauben eine Selbstwahrnehmung.

Um sich mit anderen Robotern absprechen zu können und auch Informationen aus ihrer Bildverarbeitung den anderen Robotern bereitzustellen, nutzen die Roboter derzeit WLAN, um einmal pro Sekunde ein Paket mit Informationen zu verschicken. Darin können Absprachen zur Rollenverteilung (wer geht zum Ball, wer ist Verteidiger, etc.) sowie auch die eigene Wahrnehmung (Ballposition, Roboterpositionen, etc.) enthalten sein.

Grundlage für die aktuelle Strategiekomponente sind anschließend komplexe Zustandsautomaten, die mit den Resultaten der eigenen Bildverarbeitung und den Daten der Mitspieler synchronisiert sind. Diese Informationen werden gefiltert und von Zustandsautomaten verarbeitet, die daraufhin die Aktionen der Roboter vorgeben.

Antizipation ist für den Menschen ein integraler Bestandteil des Alltags, um seine Umgebung besser einzuschätzen und auf dieser Basis Entscheidungen treffen zu können. Für Roboter



Abbildung 1: Roboterfußball in der SPL.

bedeutet dies eine besondere Herausforderung, die in der Vergangenheit durch digitale Kommunikation umgangen wurde. Da die Rahmenbedingungen im Roboterfußball schrittweise verändert und an die des menschlichen Fußballspiels angepasst werden, soll in Zukunft die digitale Kommunikation wegfallen und durch eine antizipierende Wahrnehmung kompensiert werden. Gleichzeitig soll die Interaktion zwischen Robotern dadurch nicht beeinträchtigt, sondern verbessert werden.

4.1 Anwendungsbereiche

Die internationale Initiative „RoboCup“¹ fördert diese Forschung und veranstaltet hierzu internationale Turniere, die allen Forschern die Möglichkeit geben, das Erreichte im direkten Vergleich zu testen und gemeinsam Fortschritte zu erzielen.

In der Standard-Platform-League² treten je fünf Roboter gleicher Bauart pro Team gegeneinander an. Unterschiede ergeben sich allein aus der Software.

Die Roboter der Firma Aldebaran³ vom Typ „Nao“ [1] (siehe Abbildung 1) haben eine humanoide Form mit zahlreichen Freiheitsgraden und besitzen eine Vielzahl unterschiedlicher Sensoren und Kameras, mit denen sie sich und ihre Umwelt wahrnehmen können.

4.2 Vorarbeiten

Der Projektgruppe steht ein umfangreiches, modulares und spielfähiges Software-Framework zur Verfügung, das bereits in den vergangenen Jahren erfolgreich in Turnieren eingesetzt wurde und als Basis genutzt wird [4].

In einer vorhandenen Simulationsumgebung [2] können außerdem entwickelte Algorithmen vorab getestet werden. Die Simulation basiert auf ODE⁴ und es kann der komplette Roboter mit allen Sensoren simuliert werden. Zusätzlich stehen Nao-Roboter sowie ein großes Spielfeld zur Verfügung, die einen praxisnahen Entwicklungszyklus erlauben.

Auf den Robotern werden bereits Deep Learning basierte Verfahren verwendet, um Objekte wie Roboter oder Bälle durch eigens entwickelte Neuronale Netze zu erkennen. Auch die schnelle Inferenz von Neuronalen Netzen wurde in vergangenen Projektgruppen bereits umgesetzt und kann benutzt werden, um auch größere Neuronale Netze auf dem Roboter auszuführen. Dennoch ist die Prozessorleistung hierbei begrenzt, was eine zusätzliche Herausforderung darstellt.

Für die Entscheidungsfindung im Roboterfußball wird überwiegend ein heuristisches Verfahren eingesetzt. So wird die Entscheidungsfindung über handoptimierte Bäume aus Zustandsau-

¹<http://www.robocup.org>

²<https://spl.robocup.org/>

³<https://www.aldebaran.com/de/nao>

⁴<https://www.ode.org>

tomaten realisiert. Dadurch ergeben sich allerdings statische Strukturen, die sich dem Gegner und der Umgebung nicht anpassen und Potential zur Verbesserung bieten.

In der Bewegungsplanung werden physikalische Modelle wie ein invertiertes Pendel und vordefinierte Trajektorien genutzt. Die Trajektorien sind statisch definiert und passen sich nicht den aktuellen Gegebenheiten an, weshalb eine situationsabhängige Anpassung Vorteile bietet.

Im Bezug auf nicht digitale Kommunikation gab es in den letzten Jahren schon unterschiedliche Ansätze. Zum einen müssen die Roboter mithilfe von Audioverarbeitung die Pfeife erkennen, zum anderen gab es im letzten Jahr eine Technical Challenge bei der ein Roboter Gesten des Schiedsrichters erkennen musste.

4.3 Aufgabenstellung

Die Aufgabe dieser Projektgruppe besteht in der Entwicklung eines Spielverhaltens welches ohne den digitalen Austausch von Informationen auskommt, sondern durch eine antizipierende Wahrnehmung gestützt wird. Dazu sollen zunächst die bestehenden Bildverarbeitungs-, Bewegungsplanungs- und Audioverarbeitungs-komponenten für diese Anforderung weiterentwickelt werden.

Als wichtige Details für die Bildverarbeitungs-komponenten zählen in diesem Umfeld:

- **Erkennung der Körperhaltung:** Die Roboter sollten in der Lage sein die Körperhaltung (z.B. Hand heben) anderer Mitspieler zu erkennen und einzelne Gesten zu unterscheiden.
- **Erkennung der Orientierung:** Die aktuelle Robotererkennung soll um eine Komponente erweitert werden mit der es möglich ist eine (diskrete) Orientierung erkannter Roboter zu bestimmen.
- **Mitspieler-/Gegner Erkennung:** Die aktuelle Mitspieler-/Gegner Erkennung soll zuverlässiger und robuster werden.

Als wichtige Details für die Bewegungsplanungskomponenten zählen in diesem Umfeld:

- **Unterscheidbare Zeichen/Körperhaltungen:** Die Roboter sollten in der Lage sein unterscheidbare Zeichen mithilfe seiner Körperhaltung darzustellen, vor allem im Stehen aber auch in Bewegung.
- **Kopfbewegung:** Um die Körperhaltung seiner Mitspieler erkennen zu können muss der Kopf auch auf den entsprechenden Roboter schauen. Daher ist ein angepasstes Kopfbewegungsverhalten notwendig, welches (z.B. zusammen mit einem Audiosignal) den anzeigenden Roboter fokussiert.

Als wichtige Details für die Audioverarbeitungs-komponenten zählen in diesem Umfeld:

- **Ruferkennung:** Um auf sich aufmerksam zu machen, können die Roboter einander rufen (Audiosignal). Dies muss von den Mitspielern in der Nähe erkannt werden.
- **Richtungserkennung:** Nicht nur die Erkennung eines Rufens ist wichtig, sondern auch die Einordnung aus welcher Richtung und Entfernung dieses Signal kam ist notwendig, um auf den richtigen Roboter zu schauen.

5 Teilnahmevoraussetzungen

- Kenntnisse in objektorientierter Programmierung (Voraussetzung)
- Mindestens Grundkenntnisse in C++ (Voraussetzung)
- Grundkenntnisse des maschinellen Lernens und in Python (wünschenswert)

6 Minimalziele

Zwei Roboter sollen in der Lage sein Freistöße (z.B. Foul-Freistoß, Eckstoß, ...) auszuführen und sich audiovisuell über die Richtung abzustimmen. Ein Freistoß dauert 30 Sekunden und dabei darf keine WLAN Kommunikation genutzt werden. Der Ablauf soll wie folgt funktionieren:

- Der ausführende Roboter positioniert sich hinter den Ball,
- dann wählt er eine zufällige Schussrichtung aus und zeigt diese Geste über seine Körperhaltung an,
- danach ruft der ausführende Roboter seinen Mitspieler,
- der empfangende Roboter richtet sich zum rufenden Roboter aus und fokussiert ihn,
- danach erkennt er anhand der Körperhaltung die gewünschte Richtung,
- abschließend positioniert sich der empfangende Roboter und
- der Freistoß wird ausgeführt.

Zusätzlich ist ein Zwischen- und Endbericht anzufertigen sowie ein Fachgespräch am Ende der Projektgruppe durchzuführen.

7 Literatur

- [1] KALYANAKRISHNAN, SHIVARAM, TODD HESTER, MICHAEL QUINLAN, YINON BENTOR und PETER STONE: *pp. 140–152, Springer, 2010. Three Humanoid Soccer Platforms: Comparison and Synthesis.*
- [2] LAUE, T., K. SPIESS und T. RÖFER: *SimRobot - A General Physical Robot Simulator and Its Application in RoboCup.* In: BREDENFELD, A., A. JACOFF, I. NODA und Y. TAKAHASHI (Herausgeber): *RoboCup 2005: Robot Soccer World Cup IX*, Nummer 4020 in *Lecture Notes in Artificial Intelligence*, Seiten 173–183. Springer; <http://www.springer.de/>, 2006.
- [3] LITKE, HANS-D: *Projektmanagement.* München, 2007.
- [4] SCHWARZ, INGMAR, OLIVER URBANN, AARON LARISCH und DOMINIK BRÄMER: *Team Report 2019.* Technischer Bericht, 2019. Verfügbar unter <https://github.com/NaoDevils/CodeRelease/blob/CodeRelease2019/TeamReport2019.pdf>.

8 Rechtliche Hinweise

Die Ergebnisse der Projektarbeit inkl. der dabei erstellten Software sollen dem Institut für Roboterforschung und der Fakultät für Informatik uneingeschränkt zur freien Forschung zur Verfügung stehen. Darüber hinaus sind keine Einschränkungen der Verwertungsrechte an den Ergebnissen der Projektgruppe und keine Vertraulichkeitsvereinbarungen vorgesehen.

9 PG-Realisierung

Der Gruppe wird Gelegenheit gegeben, den Projektzeitplan in Tabelle 1 im Anhang zu verfeinern und bei Bedarf, in Abstimmung mit dem Veranstalter, zu modifizieren. Die PG wird mit einem Blockseminar beginnen. Hierzu erhalten die Teilnehmer in der letzten Woche der Vorlesungszeit des Wintersemesters 2022/2023 Themen für die Seminarvorträge und Hinweise auf relevante Literaturstellen. Das Seminar Anfang des Sommersemesters 2023 soll einerseits zur Einarbeitung in das zugrundeliegende Software-Framework des Roboterfußballs dienen und andererseits zur Einarbeitung in die drei relevanten Themengebiete (Bildverarbeitung, Bewegungsplanung und Audioverarbeitung) und das Verhalten. Zudem wird das Seminar genutzt, um einen Überblick über den aktuellen Stand zu erlangen. Während der Seminarphase finden weiterhin praktische Übungen statt, in denen die Teilnehmer den Umgang mit dem Robotik-Framework erlernen. Das interne Projektmanagement der PG wird von den Teilnehmern selber gestaltet. Hierzu wird es entsprechende Seminarthemen geben [3].

In der 14. KW beginnt die PG mit der Einarbeitung in die Struktur der bestehenden Komponenten und entwickelt erste Verbesserungsansätze, die für einen antizipierenden Freistoß geeignet sind, um den vorgegebenen Herausforderungen zu begegnen. Anschließend ab der 21. KW implementiert die PG die gewählten Lösungsansätze. Die Planung und Implementierung erfolgt dabei komponentenweise in kleineren Untergruppen, die sich regelmäßig untereinander austauschen und an einer gemeinsamen Verhaltensbasis arbeiten.

Bis zum Ende des ersten PG-Semesters wurden die wichtigsten Teile (Unterscheidbare Zeichen/Körperhaltungen, Erkennung der Körperhaltung, Ruferkennung) für die Durchführung eines antizipierenden Freistoßes in einer ersten Version entwickelt, die bereits für den Zwischenbericht evaluiert werden sollen.

Zu Beginn des zweiten Semesters sollen diese verbessert und an den restlichen Komponenten gearbeitet werden. Zusätzlich soll dann mit einer detaillierteren Verhaltensplanung begonnen werden. Anschließend wird das Verhalten für den Freistoß implementiert und kontinuierlich in der Simulation und auf den Robotern getestet.

Die Projektgruppe wird abgeschlossen mit einer Evaluation sowie einem Endbericht, in dem die Arbeit der PG dokumentiert wird, sowie mit einem Fachgespräch, in dem die Projektergebnisse dem Fachbereich öffentlich bekannt gemacht werden. Während der gesamten Projektarbeit wird großer Wert auf selbständige Projektorganisation und projektbegleitende Dokumentation gelegt.

10 Erweiterungsmöglichkeiten

Im Hinblick auf die anzupassenden Komponenten können ebenfalls weiterführende Entwicklungen eingebracht werden, die die generellen Fähigkeiten der Roboter verbessern (siehe Kapitel 4.3, z.B. Erkennung der Orientierung anderer Roboter).

11 Beantragung von Ressourcen

Es werden keine Ressourcen beantragt. Das LIDO-Cluster kann innerhalb der Universität zum Trainieren der Lernverfahren wie auch in vergangenen Projektgruppen genutzt werden.

12 Lehrverpflichtung der Betreuer

Für die Betreuung der Projektgruppe sind folgende Anzahl Stunden von der Lehrverpflichtung der jeweiligen Betreuer vorgesehen:

- Prof. Dr.-Ing. Uwe Schwiegelshohn: 0 Stunden
- M. Sc. Arne Moos: 2,66 Stunden
- M. Sc. Aaron Larisch: 2,66 Stunden
- M. Sc. Diana Kleingarn: 2,66 Stunden

Zeitraum	Arbeitsphase	Arbeitsziele
12. oder 13. KW	Seminarphase	Aneignung Grundwissen
14. - 20. KW	Planungsphase	Untersuchung/Einarbeitung in die aktuellen Herausforderung von Freistößen und Entwicklung von Lösungsansätzen
21. - 32. KW	Realisierung	Optimierung/Implementierung der wichtigsten Komponenten
33. - 34. KW	Evaluation	Evaluation der Komponenten
35. - 39. KW	Bericht	Zwischenbericht
40. - 47. KW	Weiterentwicklung	Optimierung/Implementierung der weiterführenden Komponenten
48. - 51. KW	Verhaltensplanung	Entwurf eines Freistokes auf Basis der implementierten Komponenten
02. - 05. KW 2024	Evaluation	Evaluation des Freistokes
06. KW - Ende WS	Endbericht	Erstellung, Revision, Planung PG-Präsentation, Fachgespräch

Tabelle 1: Zeitplan zur Realisierung der im Antrag dargestellten Projektgruppenziele